

Endbericht
zum Forschungsprojekt:

**Ökonomische und ökologische Bilanzierung des Transportes von
Betonplattenbauteilen aus dem Rückbau von Wohnbauten in
Deutschland in Länder Osteuropas und dortige Wiederverwendung
beim Neubau von Wohngebäuden**

(gefördert von der DBU; FKZ: AZ 22286/02-23)

Projektleiterin: PD Dr.-Ing. habil. Angelika Mettke

Bearbeiter/In: Dipl.-Ing. Stefan Asmus M.A.

PD Dr.-Ing. habil. Angelika Mettke

Weiterhin haben bei der Projektbearbeitung mitgewirkt:

Stephanie Kurth

Tatiana Buzulukova

Nadja Wendland

Stephan Weiland

Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg

Fakultät Umweltwissenschaften und Verfahrenstechnik

Fachgruppe Bauliches Recycling

PD Dr.-Ing. habil. Angelika Mettke

Siemens-Halske-Ring 8

03046 Cottbus

Tel.: 0355 / 69 22 70

Fax: 0355 / 69 31 71

E-Mail: mettke@b-tu.de

Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



AZ	22286/02	Referat	23	Fördersumme	124.900,00 €
Antragstitel	Ökonomische und ökologische Bilanzierung des Transportes von Betonplattenbauteilen aus dem Rückbau von Wohnbauten in Deutschland in Länder Osteuropas und dortige Wiederverwendung beim Neubau von Wohngebäuden				
Stichworte	Ökobau, Bauteil, Betonelemente, Wieder- / Weiterverwendung				
	Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)	
	54 Monate	15.12.2008	31.07.2013	2	
	Endbericht				
Bewilligungsempfänger	Brandenburgische Technische Universität Cottbus Fak. Umweltwissenschaften und Verfahrenstechnik Fachgruppe Bauliches Recycling Siemens-Halske-Ring 8 03046 Cottbus			Tel	0355 / 69-2270
				Fax	0355 / 69-3171
				Projektleitung	PD Dr.-Ing. habil. Angelika Mettke
				Bearbeiter	Dipl.-Ing. Stefan Asmus
Kooperationspartner	PetroStrojProjekt" GmbH, Sankt Petersburg, Generaldirektor S.V. Shomin EBC Newa-Invest-S" GmbH, Sankt Petersburg, Generaldirektor M.G. Nikiforov Staatliche Universität für Architektur und Bauwesen Sankt Petersburg, Prorektor für wissenschaftliche und innovative Arbeit V.I. Morozov, Nord-Westliches Inter-Hochschul-Centrum zur kollektiven Nutzung und innovativen Entwicklung der SUABSP, Direktor Prof. A.V. Trofimov. ECOSOIL Holding GmbH, Oberhausen, Geschäftsführer Dr. H.H. Hüttemann, ECOSOIL Ost GmbH, Senftenberg, Geschäftsführer L. Magoltz				

Zielsetzung und Anlass des Vorhabens

Die europaweite Wiederverwendung gebrauchter Betonbauteile aus dem Rückbau überschüssiger Wohnraumkapazitäten in Deutschland bietet gerade im Hinblick auf die weltweite Klimadiskussion eine Chance, natürliche Rohstoff- und Energieressourcen zu schonen sowie die resultierenden Emissionen der Neuproduktion einzudämmen. Die theoretischen Untersuchungen aus der Bearbeitungsphase 1 (2004 – 2008) dieses Projektes zeigen die Nachhaltigkeit solcher Maßnahmen deutlich auf. Der baupraktische Beweis ist jedoch noch nicht umfassend angetreten. Durch die Umsetzung und wissenschaftliche Begleitung zur ökonomischen und ökologischen Bilanzierung des Gesamtprozesses innovativer Pilotprojekte im europäischen Raum, insbesondere in Russland, in Deutschland, aber auch in anderen osteuropäischen Staaten, soll die tatsächliche Effizienz von grenzüberschreitenden Wieder- / Weiterverwendungsmaßnahmen gebrauchter Betonbauteile aus dem Wohnungsbau ausgewiesen werden.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

In enger Zusammenarbeit mit den nationalen und internationalen Projektpartnern sollen in einem ersten Schritt detaillierte Planunterlagen für die Gebäudegestaltung unter Berücksichtigung höchster Energie- und Ausbaustandards sowie regionaler Spezifika entwickelt werden. Resultierend aus der Recherche zur Verfügung stehender RC-/Altbetonbauteile, der vorhandenen Transportoptionen, der Kostenfaktoren sowie der ökologischen Prämisse sollen weiterführend best-practice-Lösungen umgesetzt, analysiert und bewertet werden. Die wissenschaftliche Begleitung der initiierten „Leuchtturm“-Projekte in Russland, Deutschland und Polen soll eine umfassende Untersuchung ermöglichen, eine verallgemeinernde Bewertung als auch eine praxisorientierte Optimierung der erforderlichen Prozesskette darzulegen. Aufgabe der FG Bauliches Recycling war es, Wiederverwendungsvorhaben vorrangig wissenschaftlich zu begleiten, jedoch aber auch die Bauherren und Planer dahingehend zu unterstützen, fachlich zum Handling mit den Betonelementen zu beraten, Hilfestellungen bei der Bauteilakquise und bei Gesprächen mit Partnern aus Wirtschaft und Politik, bei der Findung geeigneter Fördermöglichkeiten und Finanzierungen Anregungen zu geben. Daraus lassen sich auch verallgemeinerbare Handlungsempfehlungen erarbei-

ten, welche wiederum das Bauteilrecycling als nachhaltige, innovative Bauform im europäischen Bau-sektor etablieren und weiter forcieren sollen. Diese Projektarbeit ist somit ein wichtiger Beitrag, Frage der weiteren sinnvollen Nachnutzung gebrauchter Betonplatten ganzheitlich wissenschaftlich zu lösen, weiter auszubauen und mehr in die Baupraxis zu implizieren.

Ergebnisse und Diskussion

Mit Bezug auf die u.a. im Rahmen dieser Projektarbeit gesammelten Ergebnisse kann vorangestellt werden, dass es sich lohnt, Betonelemente wiederzuverwenden. Neben den ökologischen sind die wirtschaftlichen Vorteile relevant. Langjährige Forschungstätigkeiten und bereits realisierte Projekte in Deutschland zeigen deutlich, dass Betonelemente ohne Qualitätsabschläge wieder- oder weiterverwendbar sind. Grundlage hierfür ist aber ein Bauelemente orientierter Rückbau sowie sich anschließende sorgfältige / ordnungsgemäße Logistikprozesse. Jedoch: eine Wieder- / Weiterverwendungsmaßnahme hängt in erster Linie von der wirtschaftlichen Rentabilität ab. Die jeweiligen lokalen Randbedingungen, d.h. der Preis der neuen Baumaterialien und die Transport-, Umschlags- und Lagerungskosten sind ausschlaggebend.

Als positiv zu werten ist, dass die in der Antragstellung genannte Errichtung des Demonstrationsprojektes „Neubau einer Ferienanlage in Deutschland“ am Standort Casel am Gräbendorfer See unmittelbar bevorsteht. Der Baubeginn ist noch für das Jahr 2014 zu erwarten, insofern die Finanzierung des Bauvorhabens gesichert wird.

Zur besseren Akzeptanz gebrauchter Betonelemente hat der Bau und die wissenschaftliche Begleitung des Vereinshauses des Kolkwitzer Sportvereins 1896 e.V., unweit der Stadt Cottbus, im Jahre 2008 / 2009, bei dem 80 Betonelemente eine Wiederverwendung fanden, über die Landesgrenzen Brandenburgs beigetragen. Dieses Projekt hat Pilotcharakter bzw. kann als beispielgebend für Wohn- und Gesellschaftsbauten gelten. Der Bau des Vereinshauses in Kolkwitz ist als gesonderter Teilbericht zum hier erarbeiteten Projekt dokumentiert.

Leider kam es bisher, trotz einer Laufzeitverlängerung des Forschungsprojektes, zu keiner Umsetzung eines der initiierten Wiederverwendungsobjekte in Russland (Raum Sankt Petersburg) oder auch in den osteuropäischen Ländern, obwohl Kosteneinsparungen bis zu 30 – 40 % durch die Wiederverwendung von Betonelementen aus Ostdeutschland gegenüber dem Bau mit neuen Baumaterialien und –elementen in Russland erneut nachgewiesen wurden. Die russischen Partner haben sich kurzfristig, als sich das Wohnbauprojekt in der Endphase der Projektbearbeitung befand, zurückgezogen. Von den weiteren Verhandlungen sind sie zurückgetreten, weil die deutsche Seite nicht die Transportkosten bis zum Hafen Sankt Petersburg übernommen hat und die Gewinnerwartungen für den russischen Investor nicht hoch genug ausfallen.

Parallele Bemühungen für Projekte in Polen und Bulgarien gingen trotz intensiver Kontaktaufnahme und Interessensbekundungen über die wirtschaftliche Betrachtung nicht hinaus. Dennoch ist festzuhalten, dass gerade Wiederverwendungsprojekte im grenznahen Raum Deutschland – Polen hohes Potenzial besitzen und nennenswerte Kosteneinsparungen in der Rohbaukonstruktion möglich sind. Der Transport der Betonelemente nach Bulgarien ist nach jetzigem Kenntnisstand nicht wirtschaftlich sinnvoll.

Fazit

Insgesamt lässt sich feststellen, dass Wiederverwendungsvorhaben unter Verwendung von Betonelementen in Verbindung mit kurzen Distanzen auf dem Straßenweg oder im Falle größerer Entfernungen nur bei sehr gutem Infrastrukturanchluss in Verbindung mit einer geringen Umschlaganzahl bei einer Kombination verschiedener Transportmittel wirtschaftlich und ökologisch sinnvoll sind. Der Kostenvorteil einer Wiederverwendung minimiert sich, je weiter die (Re)Montagebaustelle von dem/den Spenderort(en) entfernt ist, Transportkombinationen durch zusätzliche Umschläge und der Wahl geeigneter Transportmittel einen logistischen Mehraufwand erzeugen.

Die entstandenen Zeitverzögerungen im Projekt sind nicht auf die Arbeitsweise der FG Bauliches Recycling zurückzuführen. Diese waren nicht beeinflussbar, da die Forschungsaufgabe in der wissenschaftlichen Begleitung lag. Koordinierungs- und Steuerungsprobleme für die notwendigen Finanzierungen der Wiederverwendungsmaßnahmen konnten seitens der Investoren nicht einvernehmlich gelöst werden.

Für Wiederverwendungsmaßnahmen in Deutschland hat sich folgende Problemstellung explizit dargestellt: Die Anwendung übergeordnet angestrebter europäischer Zielvorgaben zur Ressourcenschonung und zum Ressourcenverbrauch auf Bundes- und Landesebene werden bisher nicht vollends umgesetzt. Offizielle Bekundungen der Politik zum Ressourcenschutz und die Umsetzung in der Praxis durch Entscheidungsträger und Verantwortliche laufen bei weitem noch nicht synchron. Hier war im Zuge der Projektbearbeitung und danach noch eine Vielzahl an Defiziten im Verständnis der ökologischen Relevanz und zur Notwendigkeit ressourcenschonender Bauweisen feststellbar. Zudem sind die formellen Vorgaben wie „vorzeitiger Maßnahmenbeginn“, was die Förderung bzw. die Finanzierung angeht, mit Bezug zur Wieder- und Weiterverwendung von Bauteilen nicht mehr zeitgemäß bzw. die Bewilligung der kreditgünstigen Finanzierung, zu starr ausgelegt. Erforderlich wird deshalb eine dringende Überarbeitung der Vorgaben.

Inhalt

1	Einleitung, Gegenstand und Zielsetzung des Projektes	5
2	Potenzial an intakten, gebrauchten Betonelementen (Altbetonelemente) aus Plattenbauten Ostdeutschlands.....	7
3	Anmerkungen zu rechtlichen Aspekte für die Wieder- / Weiterverwendung gebrauchter Betonelemente	9
3.1	Genehmigungsrechtliche Hinweise	9
3.2	Transportrechtliche Bestimmungen	12
4	Generelles zum Transport, Umschlag und zur Lagerung von gebrauchten Betonelementen.....	13
4.1	Transportmöglichkeiten / -konzeptionen / Transportmittelkombinationen	14
4.2	Transportmittel	15
4.2.1	Transportmittel LKW	15
4.2.2	Transportmittel Bahn	16
4.2.3	Transportmittel Binnenschiff	18
4.2.4	Transportmittel Seeschiff / Fähre.....	19
4.2.5	Transporthilfsmittel	20
4.3	Anforderungen an Transport, Umschlag und Lagerung der Bauteile.....	21
5	Vorbereitende Maßnahmen und Aktivitäten zur Umsetzung der Wiederverwendungsmaßnahmen in Deutschland und osteuropäischen Ländern ...	23
6	Neubau von Mehrfamilienhäusern in Russland aus Altbetonelementen	25
6.1	Neubau eines MFH in Russland, Standort Nevskaja Dubrovka	26
6.1.1	Konzeption des MFH - Bedarf an Betonelementen	27
6.1.2	Exemplarische Bewertung eines Spendergebäudes (WBS 70) zur Ermittlung des verfügbaren Elementesortiments	30
6.1.3	Transportkonzeption	32
6.1.3.1	Grundsätzliches zur gewählten Transportkonzeption	32
6.1.3.2	Allgemeine Anforderungen zum LKW-Transport	34
6.1.3.3	Seetransport und Beladungskonzept	35
6.1.4	Kosten Transporte, Umschläge und Zwischenlagerungen.....	36
6.1.4.1	Zusammensetzung der Transport- und Umschlagskosten.....	37
6.1.4.2	Übersicht zu Transporttarifen und -kosten	38
6.1.4.3	Kalkulation der Transport- und Umschlagskosten für das gewählte Betonelementesortiment des Wiederverwendungsvorhabens.....	39
6.1.5	Wirtschaftliche Aspekte der Wiederverwendung von Betonbauteilen	41

6.1.5.1	Preise für neue Stahlbetonbauteile in Sankt Petersburg.....	41
6.1.5.2	Gesamtkosten zur Vorbereitung, zum Transport und Umschlag der Altbetonbauteile.....	43
6.1.5.3	Preisvergleich für neue Betonfertigteile und angelieferte Albetonelemente	45
6.1.5.4	Fazit der wirtschaftlichen Betrachtungen	47
6.1.6	Ökologische Relevanz – Energieaufwand und Emissionsbetrachtungen zum Bauteiltransport und Bauteilumschlag	48
6.2	Neubau eines MFH in Russland, Standort Lodejnoje Pole.....	51
6.2.1	Einleitende Bemerkungen und Vorgaben.....	51
6.2.2	Entwurfsvorschlag und Bedarf an Betonelementen zur Umsetzung.....	53
6.2.3	Auswahl Spendergebäude.....	60
6.2.4	Transportkonzeption	61
6.2.4.1	LKW-Transport	62
6.2.4.2	Seetransport und Beladungskonzept.....	62
6.2.5	Kosten Transporte, Umschläge und Zwischenlager.....	63
6.2.5.1	Zusammensetzung der Transport- und Umschlagskosten.....	64
6.2.5.2	Übersicht zu Transporttarifen und -kosten	64
6.2.5.3	Kalkulation der Transport- und Umschlagskosten für das gewählte Betonelementesortiment des Wiederverwendungsvorhabens.....	67
6.2.6	Wirtschaftliche Aspekte der Wiederverwendung von Betonbauteilen.....	68
6.2.6.1	Gesamtkosten zur Vorbereitung, zum Transport und Umschlag der Altbetonbauteile.....	68
6.2.6.2	Preise für neue Stahlbetonfertigteile im Leningrader Gebiet.....	70
6.2.6.3	Gegenüberstellung Kosten der Neuerrichtung der MFH im Variantenvergleich.....	71
6.2.6.4	Zwischenfazit der wirtschaftlichen Betrachtungen	73
6.3	Synopse der Bewertungen zur Wiederverwendung von Betonelementen an zwei verschiedenen Standorten in Russland	73
7	Neubau von Einfamilienhäusern aus gebrauchten Betonelementen in Polen und Bulgarien	75
7.1	Zielstellung und Betrachtungsumfang	75
7.2	Entwurf der Musterneubauten - Art und Umfang des benötigten Betonelementesortiments	77
7.3	Transportkonzeptionen vom Demontage- zum (Re)Montageort – Wahl des Verkehrsträgers und Beladungskonzeptionen.....	80
7.3.1	LKW-Transport.....	80
7.3.2	Bahntransport und Beladungskonzept	81
7.3.3	Schifftransport	87
7.4	Kosten für vorbereitende Untersuchungen und Maßnahmen (Vorbereitungskosten) der Betonelemente.....	89

Inhalt

1	Einleitung, Gegenstand und Zielsetzung des Projektes	5
2	Potenzial an intakten, gebrauchten Betonelementen (Altbetonelemente) aus Plattenbauten Ostdeutschlands.....	7
3	Anmerkungen zu rechtlichen Aspekte für die Wieder- / Weiterverwendung gebrauchter Betonelemente	9
3.1	Genehmigungsrechtliche Hinweise	9
3.2	Transportrechtliche Bestimmungen	12
4	Generelles zum Transport, Umschlag und zur Lagerung von gebrauchten Betonelementen.....	13
4.1	Transportmöglichkeiten / -konzeptionen / Transportmittelkombinationen	14
4.2	Transportmittel	15
4.2.1	Transportmittel LKW	15
4.2.2	Transportmittel Bahn	16
4.2.3	Transportmittel Binnenschiff	18
4.2.4	Transportmittel Seeschiff / Fähre.....	19
4.2.5	Transporthilfsmittel	20
4.3	Anforderungen an Transport, Umschlag und Lagerung der Bauteile	21
5	Vorbereitende Maßnahmen und Aktivitäten zur Umsetzung der Wiederverwendungsmaßnahmen in Deutschland und osteuropäischen Ländern ...	23
6	Neubau von Mehrfamilienhäusern in Russland aus Altbetonelementen	25
6.1	Neubau eines MFH in Russland, Standort Nevskaja Dubrovka	26
6.1.1	Konzeption des MFH - Bedarf an Betonelementen	27
6.1.2	Exemplarische Bewertung eines Spendergebäudes (WBS 70) zur Ermittlung des verfügbaren Elementesortiments	30
6.1.3	Transportkonzeption	32
6.1.3.1	Grundsätzliches zur gewählten Transportkonzeption	32
6.1.3.2	Allgemeine Anforderungen zum LKW-Transport	34
6.1.3.3	Seetransport und Beladungskonzept	35
6.1.4	Kosten Transporte, Umschläge und Zwischenlagerungen.....	36
6.1.4.1	Zusammensetzung der Transport- und Umschlagskosten.....	37
6.1.4.2	Übersicht zu Transporttarifen und -kosten	38
6.1.4.3	Kalkulation der Transport- und Umschlagskosten für das gewählte Betonelementesortiment des Wiederverwendungsvorhabens.....	39
6.1.5	Wirtschaftliche Aspekte der Wiederverwendung von Betonbauteilen	41

6.1.5.1	Preise für neue Stahlbetonbauteile in Sankt Petersburg.....	41
6.1.5.2	Gesamtkosten zur Vorbereitung, zum Transport und Umschlag der Altbetonbauteile.....	43
6.1.5.3	Preisvergleich für neue Betonfertigteile und angelieferte Albetonelemente	45
6.1.5.4	Fazit der wirtschaftlichen Betrachtungen	47
6.1.6	Ökologische Relevanz – Energieaufwand und Emissionsbetrachtungen zum Bauteiltransport und Bauteilumschlag	48
6.2	Neubau eines MFH in Russland, Standort Lodejnoje Pole.....	51
6.2.1	Einleitende Bemerkungen und Vorgaben.....	51
6.2.2	Entwurfsvorschlag und Bedarf an Betonelementen zur Umsetzung.....	53
6.2.3	Auswahl Spendergebäude.....	60
6.2.4	Transportkonzeption	61
6.2.4.1	LKW-Transport	62
6.2.4.2	Seetransport und Beladungskonzept.....	62
6.2.5	Kosten Transporte, Umschläge und Zwischenlager.....	63
6.2.5.1	Zusammensetzung der Transport- und Umschlagskosten.....	64
6.2.5.2	Übersicht zu Transporttarifen und -kosten	64
6.2.5.3	Kalkulation der Transport- und Umschlagskosten für das gewählte Betonelementesortiment des Wiederverwendungsvorhabens.....	67
6.2.6	Wirtschaftliche Aspekte der Wiederverwendung von Betonbauteilen.....	68
6.2.6.1	Gesamtkosten zur Vorbereitung, zum Transport und Umschlag der Altbetonbauteile.....	68
6.2.6.2	Preise für neue Stahlbetonfertigteile im Leningrader Gebiet.....	70
6.2.6.3	Gegenüberstellung Kosten der Neuerrichtung der MFH im Variantenvergleich.....	71
6.2.6.4	Zwischenfazit der wirtschaftlichen Betrachtungen	73
6.3	Synopse der Bewertungen zur Wiederverwendung von Betonelementen an zwei verschiedenen Standorten in Russland	73
7	Neubau von Einfamilienhäusern aus gebrauchten Betonelementen in Polen und Bulgarien	75
7.1	Zielstellung und Betrachtungsumfang	75
7.2	Entwurf der Musterneubauten - Art und Umfang des benötigten Betonelementesortiments	77
7.3	Transportkonzeptionen vom Demontage- zum (Re)Montageort – Wahl des Verkehrsträgers und Beladungskonzeptionen.....	80
7.3.1	LKW-Transport.....	80
7.3.2	Bahntransport und Beladungskonzept	81
7.3.3	Schifftransport	87
7.4	Kosten für vorbereitende Untersuchungen und Maßnahmen (Vorbereitungskosten) der Betonelemente	89

7.5	Zusammensetzung der Kosten für Transporte, Umschläge und Zwischenlagerung der Betonelemente.....	90
7.5.1	Kosten für den Transport.....	90
7.5.2	Kosten der Zwischenlagerung.....	90
7.5.3	Umschlagskosten.....	91
7.6	Wiederverwendungsvorhaben in Polen am Standort Zielona Gora	93
7.6.1	Skizzierung der Wohnungssituation in Polen.....	93
7.6.2	Rechtliche Aspekte – Polen.....	94
7.6.3	Transport-Kombinationsmöglichkeiten Cottbus – Zielona Gora.....	95
7.6.3.1	LKW.....	95
7.6.3.2	LKW – Bahn – LKW.....	96
7.6.4	TUL-Kosten für den Zielstandort Zielona Gora.....	97
7.6.4.1	LKW-Transport.....	97
7.6.4.2	LKW – Bahn – LKW.....	99
7.6.5	Gesamtkosten TUL-Prozesse und Vorbereitung Betonelemente.....	102
7.6.6	Kostenvergleich Bereitstellung Betonbauelemente zur Wiederverwendung gegenüber Neubau der Musterhäuser mit Neubauteilen in Polen.....	103
7.6.6.1	Gegenüberstellung Kostenaufwand Bereitstellung Altbetonelemente und Neuteilpreise in Polen.....	103
7.6.6.2	Ermittlung des Break-Even-Point für den Teilprozess Vorlauf des Bauteilsortiments zur Errichtung der Musterhäuser in Zielona Gora.....	105
7.7	Wiederverwendungsvorhaben in Bulgarien am Standort Sofia.....	108
7.7.1	Skizzierung der Wohnungssituation in Bulgarien.....	108
7.7.2	Rechtliche Aspekte – Bulgarien.....	109
7.7.3	Transport-Kombinationsmöglichkeiten Cottbus – Sofia.....	110
7.7.3.1	LKW-Transport.....	110
7.7.3.2	LKW – Bahn – LKW.....	110
7.7.3.3	LKW – Schiff – LKW.....	111
7.7.4	TUL-Kosten für den Zielstandort Sofia.....	113
7.7.4.1	LKW-Transport.....	113
7.7.4.2	LKW – Bahn – LKW.....	114
7.7.4.3	LKW – Schiff – LKW.....	116
7.7.5	Gesamtkosten für die TUL-Prozesse und der Vorbereitung der Betonelemente für den Zielstandort Sofia.....	119
7.7.6	Kostenvergleich Kosten Bereitstellung Betonbauelemente zur Wiederverwendung gegenüber Neubau der Musterhäuser mit Neubauteilen in Bulgarien.....	120
8	Bau von Straßen in Russland unter Verwendung von Altbetonelementen in Kaliningrad.....	123

8.1	Aufbau von Betonfahrbahndecken	123
8.2	Anforderungen an den Straßenbeton	125
8.3	Anforderungen an den Einbau einer Betondecke	127
8.4	Eignung von Altbetondeckenplatten für die Wiederverwendung im Straßenbau ..	127
8.5	Kosten für TUL-Prozesse der Deckenelemente vom Spenderort in Deutschland nach Kaliningrad in Russland	128
8.5.1	Umschlagskosten	129
8.5.2	Transportkosten	131
8.5.2.1	LKW-Vorlaufkosten	131
8.5.2.2	Kosten Schifftransport	132
8.5.3	Gesamtkosten des Transports der Betondeckenelemente (Cottbus – Kaliningrad)	134
8.6	Kostenvergleich Neubau einer Betonfahrbahndecke in Russland & Wiederverwendung von Altbetondeckenelementen aus Ostdeutschland	134
9	Neubau einer Ferienanlage in Deutschland.....	137
9.1	Stand des Planungs- / Baufortschritts	139
9.2	Ausblick.....	140
10	Zusammenfassung der Projektergebnisse und Schlussfolgerungen zur Wieder- und Weiterverwendung von Betonelementen	142
10.1	Zusammenfassung der Ergebnisse zur wirtschaftlichen Betrachtung der TUL-Prozesse ausgewählter Wieder- / Weiterverwendungsprojekte	143
10.2	Ökologische Aspekte der Wieder- / Weiterverwendung von Betonelementen	149
10.3	Fazit und Resümee für zukünftige Wieder- / Weiterverwendungsvorhaben.....	151
	Begriffe / Glossar.....	153
	Abkürzungen.....	154
	Abbildungsverzeichnis	156
	Tabellenverzeichnis	159
	Literaturverzeichnis	162
	Gesetz-, Normen- und Richtlinienverzeichnis	168
	Anlagen	171

1 Einleitung, Gegenstand und Zielsetzung des Projektes

Auf Basis bisherig gewonnener Erkenntnisse zum Rückbau und zur Wiederverwendung von Betonelementen wird im Rahmen dieses FO-Projektes der Hausbau im Raum St. Petersburg (Russland), in Zielona Gora (Polen) und Sofia (Bulgarien) anhand konkreter Baumaßnahmen untersucht. Darüber hinaus wird die Nachnutzung von Betonelementen im Straßenbau im Raum Sankt Petersburg betrachtet. Diese Weiterverwendungsmöglichkeit von Altbetonelementen ist aufgrund von Nachfragen der russischen Seite mit in die Dokumentation eingeflossen. Außerdem werden zwei aktuelle Bauvorhaben in Deutschland (Mehrzweckgebäude / Wohnunterkünfte in einer Ferienanlage, Vereinshaus) betrachtet, die von der Fachgruppe Bauliches Recycling wissenschaftlich begleitet werden. Erste Untersuchungsergebnisse zur Wiederverwendung von Altbetonelementen im Raum Sankt Petersburg sind u.a. im Endbericht „Wiederverwendung von Plattenbauteilen in Osteuropa - Bearbeitungsphase I - Wissenschaftliche Vorbereitung und Planung des Rückbaus von Plattenbauten und der Wiederverwendung geeigneter Plattenbauteile in Tschechien“ (05/2008) sowie im Zwischenbericht „Wiederverwendung von Plattenbauteilen in einem Vorort von Sankt Petersburg“ - Teil B (03/2011) aufgezeigt. Gefördert wurden die Projekte für wissenschaftliche Begleituntersuchungen von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU).

In Vorbereitung der wissenschaftlichen Begleitung zur Umsetzung der Wiederverwendungsmaßnahme in Sankt Petersburg wurde von der FG Bauliches Recycling ein (Re)Montagevorhaben in Deutschland ingenieurwissenschaftlich begleitet, weil hierfür wesentliche Grundlagen fehlen. Zwar wurden verschiedentliche Wiederneubaumaßnahmen bewertet, aber nicht im ganzheitlichen Kontext. Daher sind in einem gesonderten Teil C zum Forschungsprojekt die Ergebnisse einer Wiederverwendungsmaßnahme, dem Vereinshausneubau am Standort Kolkwitz, dokumentiert. Die begleitenden Analysen stellen eine wichtige Grundlage für Folgeprojekte von Wiederverwendungsmaßnahmen dar, denn die Bewertung erfolgte ganzheitlich unter Nachhaltigkeitsprämissen samt sämtlicher logistischen Fragestellungen. Inwiefern diese interessanten Ergebnisse, sowohl aus ökonomischer als auch ökologischer Sicht auf Wiederverwendungsmaßnahmen im europäischen Raum übertragbar sind, soll im Rahmen dieses Projektes untersucht werden. Zu ermitteln ist darüber hinaus, ob Energie- und Rohstoffressourcen im Vergleich zur Verwendung neuer konventioneller Baumaterialien eingespart werden können.

In Vorbereitung des baupraktischen Nachweises zur Wiederverwendung über die Landesgrenzen Deutschlands hinausgehend in osteuropäische Länder – v.a. in ihrer wirtschaftlichen und ökologischen aber auch sozialen Dimension – wird mit der Durchführung dieses Forschungsvorhabens erstmalig angetreten. Ziel ist, zu eruieren, ob und unter welchen Bedingungen, Wiederverwendungen nachhaltig sind. Bekanntlich führen sorgfältige Vorbereitungen zu einer erfolgreichen Umsetzung. Deshalb ist die Bilanzierung aller notwendigen Prozesse äußerst relevant. Nur dann haben Innovationen eine Marktchance. Innovative Pilotprojekte zur Wiederverwendung sind und sollten auch weiterhin in Deutschland gefragt sein.

Um die Zielstellung des FO-Projektes gemäß der Antragstellung zu erreichen, wurde geplant, mehrere Wiederverwendungsmaßnahmen in der praktischen Umsetzung, v.a. grenzüberschreitend, wissenschaftlich zu begleiten, um fundiert nachhaltige Lösungsoptionen am Bau aufzeigen und anregen zu können. Gleichwohl sind Restriktionen oder Grenzen zum Einsatz von Altbetonelementen aufzuzeigen. Nachfolgend werden die geplanten Vorhaben an den unterschiedlichen Standorten erläutert.

Umfassenden Absprachen und Verhandlungen zu Folge hatte sich der Standort Nevskaja Dubrovka und später Lodejnoje Pole, im Raum Sankt Petersburg für den Bau eines Mehrfamilienhauses herauskristallisiert.

Parallel wurden vergleichend und repräsentativ für (Wiederverwendungs-)Neubauten die regionale Maßnahme zur Vorbereitung und Errichtung einer Ferienanlage (Casel bei Drebkau am Gräbendorfer See) wissenschaftlich begleitet. Die begleitenden wissenschaftlichen Untersuchungen zur Gesteuerung des Vereinshauses in Kolkwitz (s. Teil C) sind gesondert dokumentiert.

Die nachfolgenden Fallanalysen beinhalten:

- a) Neubau eines 5-geschossigen Mehrfamilienhauses in Nevskaja Dubrovka im Raum Sankt Petersburg (Pkt. 6.1),
- b) Neubau eines 3-geschossigen Mehrfamilienhauses in Lodejnoje Pole, Leningrader Gebiet (Pkt. 6.2),
- c) Bau von Einfamilienhäusern in Polen und Bulgarien (Pkt. 7),
- d) Weiterverwendung von Deckenplatten im Straßenbau am Standort Kaliningrad (Pkt. 8) und
- e) Neubau der Ferienanlage „Santa Fe“ in Deutschland in Casel / Bundesland Brandenburg (Pkt. 9).

Ein außerordentliches Interesse, Betonelemente in Gänze wieder- u./o. weiterzuverwenden, wurde seitens mehrerer Vertreter aus v.a. osteuropäischen Staaten gezeigt. Auf der Basis von Vorträgen der Projektleiterin auf Fachveranstaltungen bspw. in Deutschland, in der Slowakei und in Tschechien wurden die Vorteile anhand von umgesetzten Maßnahmen aufgezeigt.

Nachstehend werden die o.a. beispielhaft untersuchten Bauvorhaben unter Verwendung von Altbetonelementen erläutert und bilanziert.

2 Potenzial an intakten, gebrauchten Betonelementen (Altbetonelemente) aus Plattenbauten Ostdeutschlands

Nach statistischen Angaben wurden auf dem Gebiet der ehemaligen DDR seit den 1950er Jahren bis 1990 von den insgesamt rd. 8 Mio. Wohneinheiten (WE) ca. 2,17 Mio. WE in mehrgeschossigen Wohngebäuden in serieller Montagebauweise industriell errichtet¹.

In der ersten Phase des Programms „Stadtumbau-Ost“ wurden insgesamt rd. 260.800 WE abgebrochen oder zum Teil technologisch bedingt zurückgebaut². Im Zeitraum von 2001 bis Mitte 2010 entfiel hiervon ein Großteil auf die industriell, in Betonfertigteilbauweise errichteten Wohnbauten – im allgemeinen Sprachgebrauch bekannt unter Plattenbauten. Für die kommenden Jahre bis 2016 ist angestrebt, weitere überhängige 200.000 bis 250.000 WE vom Markt zu nehmen. Prognosen zufolge werden hauptsächlich Plattenbauten betroffen sein. Der Anteil an Komplettabbrüchen wird sich voraussichtlich insgesamt verringern, der Teilrückbau bei der Bestandsreduzierung von Wohnungen hingegen erhöhen. Letzteres ist i.d.R. mit einer Aufwertung (Sanierung, Modernisierung) des verbleibenden Bestandes verknüpft.

Die aktuelle Situation ostdeutscher Städte ist nach wie vor in weiten Teilen von hohen Wohnungsleerständen gekennzeichnet. Aufgrund der anhaltenden Leerstandproblematik wurde die Förderung zu deren Bewältigung durch das Programm „Stadtumbau-Ost II“ der Bundesregierung (zunächst) bis zum Jahr 2016 fortgeschrieben. Aus der BBSR-Wohnungsmarktprognose³ geht hervor, dass das Leerstandsrisiko auch bis 2025 nicht abnehmen wird. Besonders in den ostdeutschen Ländern ist von einem erhöhten Risiko im Bereich der vermieteten Geschosswohnungen auszugehen (s. Abb. 1).

Gründe hierfür sieht das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung in einer Schwächung der Nachfrage nach Mietgeschosswohnungen durch die zurückgehende Anzahl an Nachfragern und der zunehmenden Wohneigentumspräferenz.⁴ Die Bundestransferstelle, Stadtumbau Ost, nennt als weitere Faktoren den anhaltenden Bevölkerungsrückgang, die sinkenden Haushaltszahlen und die fehlende Zuwanderung in Ostdeutschland. Der für den Stadtumbau benötigte Abrissumfang wird mit 30.000 Wohnungen jährlich benannt.⁵ Weiter nennt die Bundestransferstelle in ihrem 4. Statusbericht „Stadtumbau vor neuen Herausforderungen“ auch in Zukunft konsequent den Erhalt von Altbauten und den Rückbau von leer stehenden Plattenbauten zu verfolgen.

Im ehemals größten Plattenbaugebiet Brandenburgs Sachsendorf-Madlow in Cottbus beispielsweise, in dem bereits ca. 5.000 Wohnungen zurückgebaut wurden, wird weiterhin aufgrund des starken Rückgangs der Einwohnerzahlen der Rückbau von Plattenbauten erforderlich sein.⁶ Aktuelle Rückfragen der FG Bauliches

¹ Mettke, A.; Thomas, C.: Wiederverwendung von Gebäuden und Gebäudeteilen, FG Bauliches Recycling, 1999, S. 8..

² BMVBS (Hrsg.): Vierter Statusbericht der Bundestransferstelle Stadtumbau Ost, Berlin, 2010, S. 23.

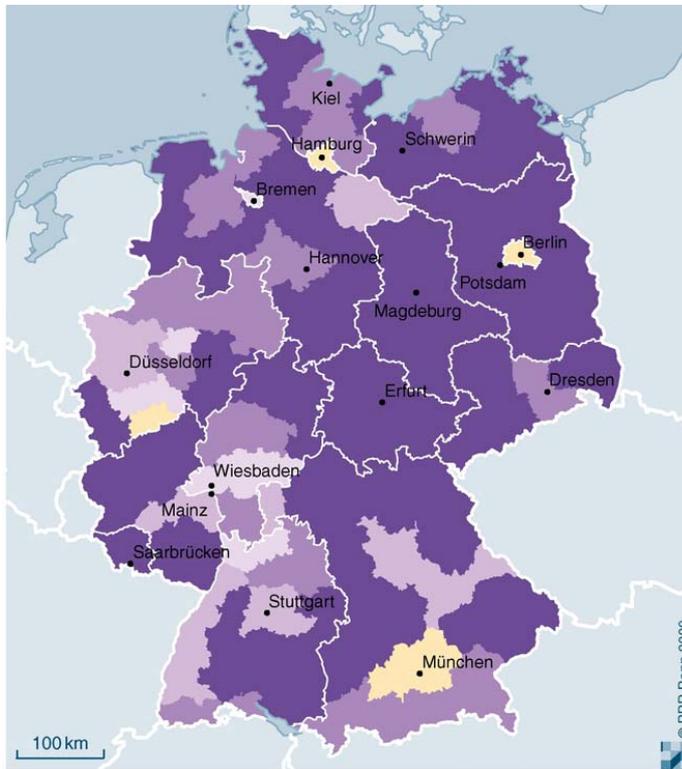
³ BBSR (Hrsg.): Wohnungsmärkte im Wandel – Zentr. Ergebnisse d. Wohnungsmarktprognose 2025, Bonn, 2010, S. 7.

⁴ ebenda, S. 1.

⁵ BMVBS (Hrsg.): Vierter Statusbericht der Bundestransferstelle Stadtumbau Ost, Berlin, 2010, S. 17.

⁶ BMVBS (Hrsg.): Vierter Statusbericht der Bundestransferstelle Stadtumbau Ost, Berlin, 2010, S. 86.

Recycling bei den beiden lokalen großen Wohnungsunternehmen in Cottbus bestätigen diese Aussage. Es wird bereits davon ausgegangen, dass es ab 2016 zu einer erneuten Zunahme leer stehender Wohnungen, vornehmlich in Plattenbauten in den Wohnkomplexen der Stadtrandlage, aufgrund der demografischen Entwicklung kommen wird.



Zu erwartendes Leerstandsrisiko in Mehrfamilienhäusern

- sehr hoch
- hoch
- mittel
- gering
- sehr gering

Datenbasis: BBSR-Wohnungsmarktprognose 2025
 Geometrische Grundlagen: BKG, Raumordnungsregionen, Stand 31.12.2006

Abb. 1: Prognose zum Leerstandsrisiko im vermieteten Geschosswohnungsbestand in Deutschland bis 2025⁷

Folglich ist davon auszugehen, dass weiterhin ein hohes Potenzial an rückgebauten Betonbauteilen besteht. Daher ist der Gedanke des Produktrecyclings, die Wieder- und Weiterverwendung von Betonelementen, weiter zu verfolgen.

⁷ BBSR (Hrsg.): Wohnungsmärkte im Wandel – Zentr. Ergebnisse d. Wohnungsmarktprognose 2025, Bonn, 2010, S. 7.

3 Anmerkungen zu rechtlichen Aspekten für die Wieder- / Weiterverwendung gebrauchter Betonelemente

Nachstehende Ausführungen sind aus METTKE⁸ übernommen und um aktuelle Angaben ergänzt worden.

3.1 Genehmigungsrechtliche Hinweise

Gegenwärtig gibt es keine allgemein anerkannten Regeln der Technik für den Einsatz von gebrauchten Betonelementen / RC-Betonelementen. Deshalb bedürfen sie entweder

- einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung oder
- eines allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses oder
- einer Zustimmung im Einzelfall.

Infolgedessen kann zum jetzigen Zeitpunkt davon ausgegangen werden, dass der Genehmigungsaufwand für Wieder- oder Weiterverwendungen hoch und zeitintensiv ist im Vergleich zu Genehmigungen für herkömmliche Neubauten.

Juristische Gutachten⁹ belegen, dass es sich bei den durch Rückbau anfallenden Betonelementen nicht um Abfälle handelt, sondern um Produkte und damit um Wirtschaftsgut. Neben der abfallrechtlichen Prüfung wurde geprüft, ob die Betonplatten den bauordnungsrechtlichen Anforderungen entsprechen. Bspw. regelt die Brandenburgische Bauordnung (BgbBO) in § 20 (Fassung vom 25.03.1998)¹⁰, dass bestimmte Gegenstände unter bestimmten Voraussetzungen als Bauprodukte verwendet werden dürfen. Es wird dabei insbesondere auf die Richtlinie 89/106/EWG (Bauproduktenrichtlinie)¹¹ verwiesen. Damit lassen sich die Bauprodukte in fünf Gruppen unterteilen (Bauregellisten)¹²:

a) *geregelter Bauprodukte (Bauregelliste A Teil 1)*

Es handelt sich hierbei um solche Bauprodukte, für die es allgemein anerkannte Regeln der Technik gibt, die in der Bauregelliste bekannt gemacht worden sind und die von diesen nicht wesentlich abweichen.

b) *nicht geregelte Bauprodukte (Bauregelliste A Teil 2)*

⁸ Mettke, A.: Material- und Produktrecycling – am Beispiel von Plattenbauten, Habilitationsschrift, Cottbus 2010.

⁹ Leitzke, C.: Rechtliche Betrachtung von Rückbauprojekten, Gutachten im Auftrag der FG Bauliches Recycling, BTU Cottbus, 2001; Ehlers, B.: Rechtliche Aspekte der Wiederverwendung, in: Tagungsband „Alte Platte – Neues Design“ Teil 2, Hrsg. A. Mettke, 2007, S. 203 ff.

¹⁰ Nachfolgende Verweise auf Paragraphen der Brandenburger Bauordnung beziehen sich auf die zum Zeitpunkt der Veröffentlichung der juristischen Gutachten von Leitzke, C. und Ehlers, B. aus 2001 bzw. 2007 gültigen BgbBO in der Fassung vom 25.03.1998.

¹¹ Richtlinie 89/106/EWG (BPR - Bauproduktenrichtlinie vom 21.12.1998) gültig bis 30.06.2013. BPR wurde abgelöst von der ab 01. Juli 2013 gültigen EU-Bauprodukte-Verordnung (BauPVO) Nr. 305/2011.

¹² Bauregellisten A und B sowie Liste C, Hrsg. Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), halbjährliche Überarbeitung.

Diese Bauprodukte weichen wesentlich von den in der Bauregelliste A, Teil 1 bekannt gemachten technischen Regeln ab. Hinsichtlich der geregelten Bauprodukte ist zu differenzieren, ob und inwieweit hierfür ein Verwendbarkeitsnachweis erforderlich ist.

c) *nicht geregelte Bauarten (Bauregelliste A Teil 3)*

d) *Verkehrsfähige und frei handelbare Bauprodukte (Bauregelliste B, Teil 1 und 2)*

Es handelt sich hierbei um Bauprodukte, die nach Vorschriften der EU-Mitgliedsstaaten und der Vertragsstaaten des Abkommens über den europäischen Wirtschaftsraum in Verkehr gebracht und gehandelt werden dürfen. Dies wird durch das CE-Zeichen nachgewiesen.

e) *Sonstige Bauprodukte (Bauregelliste C)*

Enthält Bauprodukte, für die es weder technische Bestimmungen noch allgemein anerkannte Regeln der Technik gibt und die für die Erfüllung bauordnungsrechtlicher Anforderungen nur untergeordnet von Bedeutung sind.

Im Hinblick auf die Wiederverwendung ist die Frage entscheidend, ob die gebrauchten Betonelemente Bauprodukte sind, da sie erst mit dem Rückbau von Gebäuden entstehen und nicht vorrangig für ihre neue Verwendung hergestellt werden. Diese Frage kann im Sinne der Wiederverwendung beantwortet werden, da der krangeführte Rückbauprozess so gestaltet ist, dass die Betonplatten als wiederverwendungsfähige Bauelemente erhalten bleiben. Dem gegenüber ist es möglich, den Prozess des Rückbaus inkl. der Entsorgung so zu gestalten, dass die Wiederverwendung der Platten nicht möglich ist.

Im Weiteren ist zu klären, ob die vom Hersteller erforderliche Übereinstimmungserklärung abgegeben werden kann. Voraussetzung dafür wiederum ist, dass eine werkseigene Kontrolle stattfindet.

EHLERS¹³ verdeutlicht, dass es zwar ungewöhnlich ist, die Rückbaustelle als Produktionsstätte zu werten, aber es sprechen auch keine Argumente dagegen.

Insofern gilt:

1. Nicht von vornherein wird ausgeschlossen, dass rückgebaute Betonfertigteile auch als geregelte Bauprodukte (nach § 20 Abs. 1 Nr. 1 BgbBO)¹⁴ zugelassen werden können. Das betrifft v.a. Deckenplatten und ehemals tragende Innenwände, da sie sich der Ziffer 1.6.1 der Bauregelliste B Teil 1 grundsätzlich zuordnen lassen. Das erforderliche Übereinstimmungszertifikat setzt jedoch die Übereinstimmung mit den maßgebenden technischen Regeln, eine Eigenkontrolle sowie Fremdüberwachung voraus.
 - Die Übereinstimmung mit den maßgebenden technischen Regeln ist für Deckenplatten mehrerer Gebäudetypen auf der Basis aktueller DIN-Vorschriften geprüft worden. Inwieweit die ermittelten Ergebnisse ausreichend repräsentativ sind und ob sie ohne Weiteres auf das sämtliche Deckensortiment übertragbar sind, bleibt noch zu klären.

¹³ Ehlers, B.: Rechtliche Aspekte der Wiederverwendung, in: Tagungsband „Alte Platte – Neues Design“ Teil 2, Hrsg. A. Mettke, 2007, S. 203 ff.

¹⁴ Bauprodukte nach § 20 Abs. 1 Nr. 1 BgbBO (Fassung vom 25.03.1998); aktuell: § 14 Abs. 1 Nr. 1 BgbBO (Fassung vom 29.11.2010).

- Hinsichtlich der Fremdüberwachung ist die hierfür notwendige Fachkenntnis nachzuweisen. Geklärt ist noch nicht, ob die Zertifizierungs- und Überwachungsstellen nach § 28 BgbBO¹⁵ und den anderen vergleichbaren Vorschriften der Länder diese aufweisen. Insoweit ist zunächst davon auszugehen, dass Überwachungsstellen weiterer Ausbildung bedürfen.
 - Die Eigenkontrolle oder sog. werkseigene Produktionskontrolle setzt bereits besondere Maßnahmen auf der Rückbaubaustelle voraus, die bisher nicht verbindlich geregelt sind. Insoweit empfiehlt sich eine Ergänzung der Anlage 0.3 der Bauregelliste A¹⁶, um eine Produktionskontrolle für rückgebaute Bauteile auf der Baustelle zu standardisieren.
2. Hinsichtlich der anderen hauptsächlich anfallenden Betonfertigteile beim Rückbau (v.a. Außenwände, Dachkassettenplatten) können noch keine abschließenden Aussagen gemacht werden. Hier sind weitergehende Forschungen erforderlich.
 3. Ansonsten kommt für die übrigen Betonfertigteile der Nachweis der Verwendbarkeit im Einzelfall (nach § 23 BgbBO)¹⁷ in Betracht.
 4. Teilweise entfällt eine Nachweispflicht, wenn sich die gebrauchten Betonelemente bei entsprechender Zwecksetzung im Sinne der Ziffer 4.1 der Bauregelliste C¹⁸ einordnen lassen.

Es lässt sich demnach schlussfolgern, dass gebrauchte Betonelemente grundsätzlich Bauprodukte sind.

Die Überprüfung, ob die gebrauchten Betonelemente den technischen Regeln der Bauregelliste entsprechen, ist also eine technische Frage. Deshalb ist es wichtig, alle diesbezüglich durchgeführten Untersuchungen zusammenzufassen, um zu prüfen, ob es möglich ist, auf gleichartig produzierte Alt- bzw. RC-Betonfertigteile und deren Trageverhalten / Sicherheit / Dauerhaftigkeit zu schließen. Bei Übereinstimmung mit den in der Bauregelliste A genannten Vorschriften müsste dann aber nochmals ein Übereinstimmungsnachweis geführt werden.

Es besteht also die grundsätzliche Frage, wie für gebrauchte Betonelemente ein Übereinstimmungsnachweis anhand bauaufsichtlich eingeführter technischer Baubestimmungen geführt werden kann.

Das Sächsische Staatsministerium des Innern hatte im Jahre 2001 einen entsprechenden Richtlinienentwurf „Bauteilkreislauf von Fertigbauteilen aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton“ vorgelegt, der mehrfach in der Fachkommission des Deutschen Instituts für Bautechnik beraten worden ist mit dem Ergebnis, dass die Wiederverwendung von Betonbauteilen grundsätzlich über die Zustimmung im Einzelfall zu lösen ist.

¹⁵ Prüf-, Zertifizierungs- und Überwachungsstellen nach § 28 Abs. 1 Nr. 1 BgbBO (Fassung vom 25.03.1998); aktuell: § 22 Abs. 1 Nr. 1 BgbBO (Fassung vom 29.11.2010).

¹⁶ Anlage 0.3 der Bauregelliste A in der aktuellen Fassung vom 07. März 2014 gestrichen (Entfall in der Liste Ausgabe 2001/1).

¹⁷ Nachweis der Verwendbarkeit von Bauprodukten im Einzelfall nach § 23 BgbBO (Fassung vom 25.03.1998); aktuell: § 17 BgbBO (Fassung vom 29.11.2010).

¹⁸ Ziffer 4.1 der Liste C in der aktuellen Fassung vom 07. März 2014 gestrichen (Entfall in der Liste Ausgabe 2005/2).

Der Freistaat Sachsen hat diese Richtlinie schließlich nicht eingeführt, weil sie zur Beurteilung der Verwendbarkeit nicht ausreichte auch im Hinblick auf den notwendigen Übereinstimmungsnachweis.

Diesbezügliche in Gang gesetzte Forschungsaktivitäten, eine Prüfnorm zu entwickeln, konnten aus finanziellen Gründen nicht weiter bearbeitet bzw. nicht zum Abschluss gebracht werden. Diese Regelungslücke ist unbedingt zu beheben, denn der hohe Aufwand für die Genehmigung im Einzelfall – wie bisher praktiziert – veranlasst die Mehrheit der Bauherren, wieder von ihrem geplanten (Wieder-) Neubauvorhaben Abstand zu nehmen.

Mit dem „Merkblatt Fertigteile - Wiederverwendung von Fertigteilen aus Beton-, Stahl- und Spannbeton“ in der Fassung vom 24.08.2012, herausgegeben vom Landesamt für Bauen und Verkehr (LBV), Land Brandenburg, werden zwar die im allgemeinen Merkblatt zur Zustimmung im Einzelfall aufgeführten Sachverhalte konkretisiert, aber dennoch besteht ein erhöhter Genehmigungs-, Planungs- und Kostenaufwand gegenüber geregelten Bauprodukten. Dieses Merkblatt gibt eine präzise Unterstützung und basiert hinsichtlich der Vorgehensweise zum Eignungsnachweis der Wiederverwendbarkeit auf den Arbeiten von METTKE, was einer erfolgreichen Umsetzung der theoretischen Grundlagen in die Praxis entspricht. Die Aktivität des LBV wird als konstruktiv gewertet und sollte beispielgebend für alle Bundesländer sein. Neben dem zu führenden Qualitätsnachweis für die gebrauchten Betonelemente werden Planungs- und Ausführungshinweise (Montageanweisung, Planungs- und Ausführungsempfehlungen) gegeben. Dazu zählt beispielsweise, dass auf der Rückbaubaustelle das Potenzial des gewünschten Wiederverwendungselementesortiments im eingebauten Zustand zu begutachten und zu kennzeichnen ist.

Die Forschungsarbeiten der FG Bauliches Recycling an der BTU Cottbus – Senftenberg sowie das hier vorgestellte Merkblatt des LBV bilden fundierte Grundlagen, um die Regelungslücke für geregelte Bauprodukte für Altbetonelemente schließen zu können.

3.2 Transportrechtliche Bestimmungen

Für den Transport von gebrauchten Betonelementen gelten die gleichen Bestimmungen wie für neue Betonelemente. Es müssen die geltenden Vorschriften zum Straßenverkehr in der aktuellen Fassung eingehalten werden:

- Straßenverkehrsordnung (StVO) und Straßenverkehrszulassungsordnung (StVZO),
- Güterkraftverkehrsgesetz (GüKG),
- Verordnungen über den grenzüberschreitenden Güterkraftverkehr und den Kabotageverkehr (GüKGrKabotageV).

Für den Transport der gebrauchten BE gelten in erster Linie die Vorschriften der StVO in der Fassung vom 06. März 2013, in Kraft getreten am 01.04.2013, (vgl. BGBl. I S. 367). Im Zusammenhang mit der StVZO in der Fassung vom 26. Juli 2013, in Kraft ab 01. August 2013 (BGBl. Teil I Nr. 43, Seite 2803), sind in ihr u.a. alle relevanten Bestimmungen bzgl. des Straßenverkehrs geregelt, so auch Abmaße von LKWs, deren Auslastung, max. Zulast etc. Die StVZO regelt insbesondere die Erfordernisse an das Transportfahrzeug, wie z.B. Breite, Länge oder zulässige Last. Diese Bestimmungen finden sich in § 32 (Abmessungen von

Fahrzeugen und Fahrzeugkombinationen) wieder und geben mit § 34 (Achslast und Gesamtgewicht) die Grenzen für das Transportvolumen vor.

Fernerhin gilt das Güterkraftverkehrsgesetz (GüKG) vom 22. Juni 1998 (BGBl. I S. 1485), welches durch Art. 8a des Gesetzes vom 28. August 2013 (BGBl. I S. 3313) geändert worden ist. Danach ist der Transport gewerblicher Güter für Fachfirmen (entspr. Speditionen) erlaubnispflichtig.

Bezogen auf den grenzüberschreitenden Verkehr ist die „Verordnung über den grenzüberschreitenden Güterkraftverkehr und den Kabotageverkehr (GüKGrKabotageV““ in der Fassung vom 28. Dezember 2011 (BGBl. 2012 I S. 42), welche durch Art. 2 der Verordnung vom 22. Mai 2013 (BGBl. I S. 1395) geändert worden ist, anzuwenden. In § 3 werden hierbei die Zuständigkeiten geregelt: „Das Bundesamt für Güterverkehr (Bundesamt) ist zuständig für die Unterrichtungen nach Art. 17 Abs. 1 und 2 und die Maßnahmen nach Art. 13 Abs. 2 der Verordnung (EG) Nr. 1072/2009.“

Im 2. Abschnitt (§ 4 - 7) wird auf die CEMT -Genehmigungen näher eingegangen. Die CEMT-Genehmigung nach der Resolution des Ministerrates der Europäischen Konferenz der Verkehrsminister (CEMT) über das Inkraftsetzen eines multilateralen Kontingents im internationalen Straßengüterverkehr vom 14. Juni 1973 (BGBl. 1974 II S. 298) in der jeweils geltenden Fassung wird einem Unternehmer mit Sitz des Unternehmens in Deutschland erteilt, der

1. Inhaber einer Erlaubnis im Sinne des § 3 des Güterkraftverkehrsgesetzes oder einer Gemeinschaftslicenz im Sinne des Art. 4 der Verordnung (EG) Nr. 1072/2009 ist und
2. die Voraussetzungen dafür erfüllt, dass die Genehmigung hinreichend genutzt wird.

Die CEMT-Genehmigung wird mit einer Gültigkeit von einem Kalenderjahr (Jahresgenehmigung) oder mit einer Gültigkeit von 30 Tagen (Kurzzeitgenehmigung) erteilt. Die Einhaltung dieser und der entsprechenden gesetzlichen Regelungen in den Zielländern liegt in der Obhut des Spediteurs. Etwaige Kosten für Genehmigungen werden i.d.R. bereits im Angebot des Transporteurs berücksichtigt.

4 Generelles zum Transport, Umschlag und zur Lagerung von gebrauchten Betonelementen

Eines der wichtigsten Kriterien, welche die wirtschaftliche und ökologische Effizienz von Wieder- bzw. Weiterverwendungen maßgebend beeinflussen, ist der Transport der Betonelemente von der Demontagebaustelle bis zum Einsatzort resp. (Re)Montagebaustelle einschließlich der hierfür notwendigen Umschlagprozesse und Lagerungen.

Bei Wiederverwendungsmaßnahmen von Deutschland in osteuropäische Länder sind Transportentfernungen von hunderten oder sogar tausenden Kilometern zurückzulegen. Auch in Bezug auf das zu transportierende Elementesortiment und den Umfang sind entsprechende Anforderungen an eine praktikable Logistikkette für den Fertigteiltransport zu beachten. Daher ergibt sich eine Reihenfolge wichtigster Anforderungen an den Transport für gebrauchte Betonfertigteile:

- (1) Ermittlung der wirtschaftlichen Effizienz; d.h. die kostengünstigste Transportvariante für das jeweilige Vorhaben (Ort und Anbindung des / der Spendergebäude(s) ans Verkehrsnetz, Ort und Anbindung / Zugänglichkeit der (Wieder-)Neubaumaßnahme);

- (2) Sicherheit des Transports zur Minimierung der Beschädigungsrisiken;
- (3) Minimierung der Umschlagvorgänge bzw. ihre kostengünstige, sichere und schnelle Durchführung;
- (4) Restriktionen und zeitliche Optimierung des Transports.

Dies bedeutet konkret, dass für jeden Einzelfall eine entsprechende Lösung zu erarbeiten ist.

Im nachstehenden Kapitel werden im Rahmen der Aufgabenstellung die generellen Möglichkeiten des Bauteiltransportes mit den jeweiligen Anforderungen an die Beladung und Ladekapazitäten sowie notwendige Transporthilfsmittel aufgeführt. Abschließend wird die Kompatibilität bewertet.

4.1 Transportmöglichkeiten / -konzeptionen / Transportmittelkombinationen

Der logistische Prozess ist nicht mit dem „einfachen“ Transport von A nach B zu umschreiben, sondern beinhaltet zahlreiche Einflussgrößen. So sind innerhalb der Logistikkette neben der Entscheidung für ein bestimmtes oder auch mehrere Transportmittel inkl. notwendiger Transporthilfsmittel, deren Kompatibilität, auch Randkriterien wie die Situation am Verladeort (Demontagebaustelle) bzw. Verbringungsort / (Re)montagebaustelle sowie erforderliche Zwischenabläufe zu berücksichtigen. Zudem stellen die zu beachtenden rechtlichen Rahmenbedingungen der einzelnen Transportmittel ein weiteres, sehr komplexes Gebilde dar.

Als Transportmittel werden hier verschiedene Verkehrsträger wie Straße, Schiene, Binnen- und See-wasserstraßen mit dazugehörigen spezifischen Fahrzeugen und Fahrzeugtypen betrachtet.

Unter Transporthilfsmittel versteht man Geräte und Vorrichtungen wie Ladegestelle, Container, Rolltrailer u.ä., die der Optimierung von Transportabläufen dienen.

Für den Bauteiltransport gebrauchter Betonelemente ins osteuropäische Ausland, z.B. nach Russland, kommen folgende Transportmöglichkeiten in Frage (s. Abb. 2), dessen praktikable, sinnvolle Kombination im Einzelfall geprüft werden muss:

- LKW-Transport,
- Bahntransport,
- Transport per Schiff (Binnen-, Hochseeschiff).

Der Transport der Betonelemente bedingt eine Mindestanzahl an Umschlägen. Im Idealfall sind nur 2 Umschläge notwendig. Dies ist nur mit dem Direkttransport per LKW realisierbar, d.h. Beladen der LKW's auf der Demontagebaustelle und Entladen auf der (Re)Montagebaustelle bzw. am Bestimmungsort / -ziel. In Abhängigkeit der Wahl geeigneter Transportmittelkombinationen ergibt sich technologisch bedingt bzw. aus notwendigen Zwischenlagerungen die notwendige Anzahl an Umschlägen. Der Umschlag / die Umschläge der Betonelemente erfolgt mittels Kran. Eingesetzt werden können ein Fahrzeugkran (FZK), Turmdrehkran (TDK) oder auch in den Güterbahnhöfen und Häfen entsprechende Krananlagen. Für den Umschlag der BE im Bahnhofsbereich auf bzw. vom Güterwagen ist die wichtigste Voraussetzung ein Gleis ohne Oberleitung (Freiladegleis).

Nachstehende Abb. 2 zeigt 11 mögliche Transportvarianten.

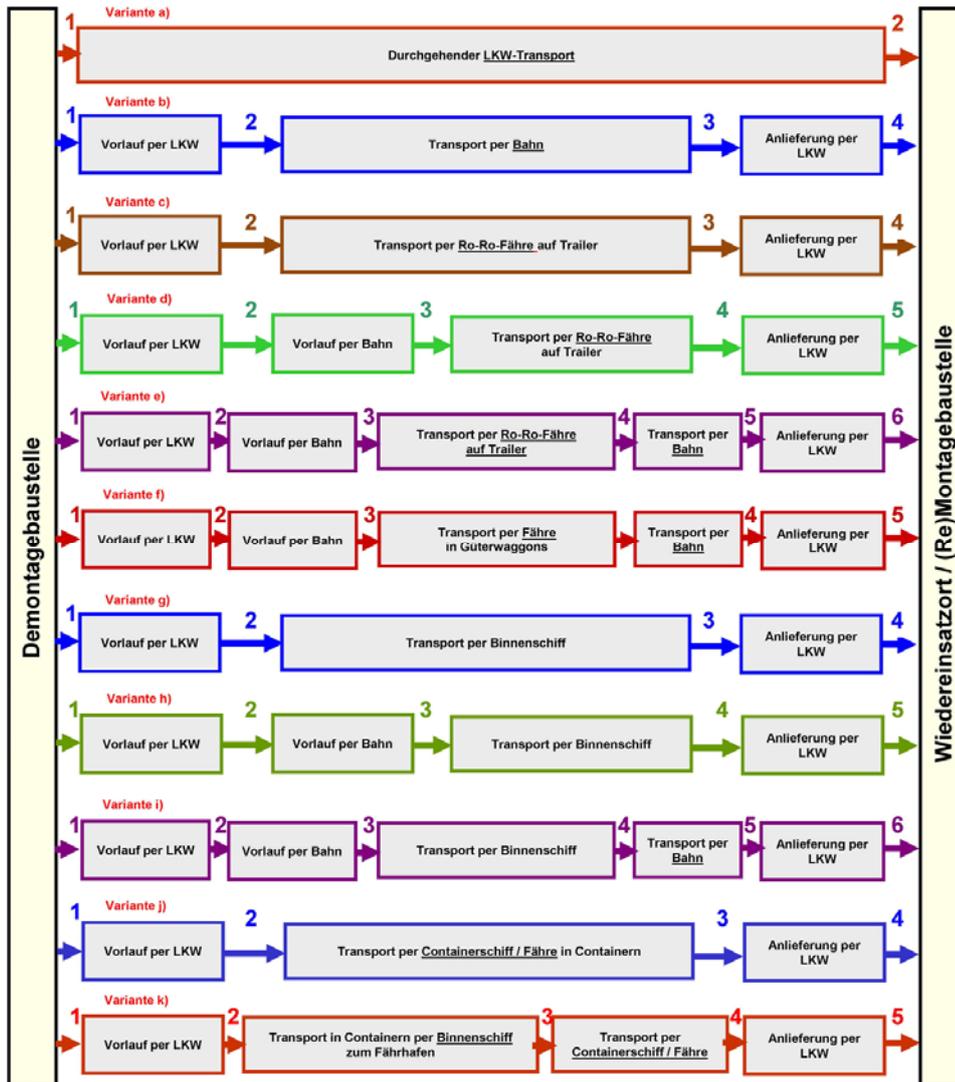


Abb. 2: Mögliche Transportvarianten für einen Bauteiltransport

(Farbliche Kennzeichnung ist ohne jegliche Wertung, die Zahlen geben die Anzahl erforderlicher Umschläge wieder)

4.2 Transportmittel

4.2.1 Transportmittel LKW

Einsatzbereich

Der Transport der Betonelemente mittels LKW stellt die flexibelste Transportlösung dar. Diese deckt alle Standorte ab, welche mit anderen Transportmitteln nicht zu erreichen sind. In fast jeder Logistikkette der untersuchten Transportmöglichkeiten ist der LKW-Transport unverzichtbar, sei es von einem Rückbaustandort zum nächsten Umschlagplatz und vom letzten Umschlagplatz zum Wiederverwendungsort bzw. direkt von einer Demontage- zu einer (Re)Montagebaustelle.

Fahrzeuge und Anforderungen an die Beladung

Bestimmend für die Wahl eines Fahrzeugtyps ist die Einbaulage der zu transportierenden Betonfertigteile. Fahrzeugkombinationen aus einer Sattelzugmaschine und einem Auflieger (Sattelanhänger) sind hierfür besonders geeignet.

Hierzu zählen für den Wandtransport (aufrecht / stehend):

- spezielle Sattelanhänger für Wandplatten,
- Semitiefloader mit entsprechenden Transporthilfsmitteln (Kassetten, Rollpaletten, Schrägbockgestellen u.ä.),
- Sattelaufleger mit entsprechenden Transporthilfsmitteln, wenn die Gesamthöhe 4,00 m nicht überschreitet,
- Innenlader,

für den Transport (waagrecht / liegend) der Deckenplatten sowie weiterer Betonfertigteile

(Treppenelemente, Podeste):

- Plateau-Sattelaufleger,
- Semitiefloader.



Abb. 3: LKW-Transport – Wandtransport mit Innenlader und Kassetten (li.), Deckentransport (re.)

Beim LKW-Transport ist jedoch zu beachten, dass dieser durch örtliche Gegebenheiten (Traglast von Straßen und Brücken, Steigungen etc.), Fahrverbote an Sonn- und Feiertagen sowie Witterungsbedingungen eingeschränkt ist. Insbesondere sind die entsprechenden Vorschriften der Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO) in der aktuellen Fassung, bei grenzüberschreitendem Verkehr auch die der Ziel- bzw. Transitländer, insbesondere in Bezug auf die maximale Nutzlast und Abmessungen beladener Fahrzeuge unbedingt einzuhalten.

Ggf. ist darüber hinaus im Einzelfall bei den zuständigen Behörden eine Ausnahmegenehmigung für den Transport im Sinne des § 18 Abs. 1 und § 22 Abs. 2 bis 4 der Straßenverkehrsordnung (StVO) einzuholen. Dies trifft dann zu, wenn bspw. 3,00 m breite Deckenplatten der Typenserie WBS 70 transportiert werden sollen, da hier die Ladung die max. zulässige Gesamtbreite von 2,55 m überschreitet.

4.2.2 Transportmittel Bahn

Einsatzbereich

Der Transport gebrauchter Betonfertigteile auf der Schiene ist grundsätzlich nur als ein Teil einer Logistikkette zu betrachten, da davon auszugehen ist, dass die Demontage- und (Re)Montagestandorte über keinen direkten Gleisanschluss verfügen. Somit sind in jedem Fall ein Vor- und Nachlauf per LKW und ein

Umladen auf Güterwaggons erforderlich. Da diese Umschlagprozesse z.T. kostenintensiv sind, ist es aus ökonomischer Sicht sinnvoll, das Transportmittel Bahn nur für die Transporte auf längeren Entfernungen in Betracht zu ziehen.

Das Schienennetz in Mittel- und Osteuropa ist relativ dicht ausgebaut. Die Spurweite in bspw. Tschechien, Slowakei, Polen, Rumänien, Ungarn ist der in Deutschland äquivalent. Lediglich bei dem Bahntransport nach Russland, Weißrussland und in die Ukraine ist ein Wechsel auf die Breitspur notwendig. Für diesen Fall besteht theoretisch die Möglichkeit auf Grenzbahnhöfen in vorhandenen Anlagen einen Radsatzwechsel vorzunehmen, so dass die Ladung nicht umgeschlagen werden muss. In der Praxis gestaltet sich dies jedoch wegen komplizierter Genehmigungsverfahren problematisch. Ein Radsatzwechsel wird zurzeit bei Güterwagen nicht durchgeführt.

Jedoch besteht zwischen den Fährhäfen Saßnitz und Baltijsk (Verwaltungsgebiet Kaliningrad, Russland, Entfernung Seeweg: 419 km) oder auch nach Ust-Luga (Entfernung Seeweg: 1.148 km) eine RoRo-Fährverbindung mit russischer Breitspur. D.h., der Fährhafen Saßnitz verfügt über Breitspuranlagen, was eine Beladung direkt auf die russischen Eisenbahnwaggons zur umschlagfreien Weiterfahrt ab Baltijsk bzw. Ust-Luga ermöglicht.

Fahrzeuge und Anforderungen an die Beladung

Für den Transport gebrauchter Betonfertigteile eignen sich grundsätzlich Drehgestellflachwagen mit Borden oder Rungen und Holzfußboden (Güterwagengattungen R und S). Je nach Streckenklasse und Ladung können Güterwagen mit 4 oder 6 Radsätzen eingesetzt werden.¹⁹

Das internationale Lastgrenzenraster gibt dabei die Höchstlademasse an, bis zu der ein Wagen bei der Beförderung über Strecken der angegebenen Klassen beladen werden darf. Zusätzlich sind bei der Wahl eines Güterwagens seine konstruktiven Vorgaben über Einzellasten in Bezug auf die Auflagelänge und Auflageart unbedingt zu beachten.²⁰

Die Beladung von Güterwagen mit Betonfertigteilen wird grundsätzlich nach Vorgaben der Verladerrichtlinien des Beförderers durchgeführt. Dies gilt gleichermaßen auch für die Wahl geeigneter Güterwagen. Bei den o.a. Vorschriften des Beförderers handelt es sich bspw. mit Bezugnahme auf die DB Schenker Rail AG um die „Verladerrichtlinien des Internationalen Eisenbahnverkehrs (UIC)“²¹.

Vertragsgrundlagen für den einzelnen Beförderungsvertrag sind die „Einheitlichen Rechtsvorschriften für den Vertrag über die internationale Eisenbahnbeförderung von Gütern (CIM)“²². Gleichbedeutend sind die

¹⁹ vgl. Güterwagenfuhrpark der DB Schenker Rail AG, Übersicht Güterwagenkatalog unter: <http://www.gueterwagenkatalog.rail.dbschenker.de/gwk-de/start/> (aufgerufen am 28.11.13).

²⁰ nähere Erläuterungen zur Fahrzeugauswahl in: Mettke, A. et.al.: Wiederverwendung von Plattenbauteilen in Osteuropa. Endbericht – Bearbeitungsphase I, FO-Vorhaben DBU-AZ 22286-23, FG Bauliches Recycling, BTU Cottbus, 2008, S.180 – 183.

²¹ Verladerrichtlinien des Internationalen Eisenbahnverkehrs (UIC), Band 1: Grundsätze (12/2012), Band 2: Güter (11/2012).

²² Einheitliche Rechtsvorschriften für den Vertrag über die internationale Eisenbahnbeförderung von Gütern (CIM), 1999.

„Allgemeinen Beförderungsbedingungen für den internationalen Eisenbahngüterverkehr“²³ anzuwenden. Diese regeln die Verladung folgendermaßen: „Unter Vorbehalt zwingender gesetzlicher Bestimmungen oder abweichender Vereinbarung gelten für die Wahl des Wagentyps, das Beladen, das Entladen des Gutes und die Rückgabe des Wagens bzw. der intermodalen Transporteinheit die Vorschriften des Beförderers.“ (ABB-CIM, Anlage 1 GLV-CIM, § 6 Abs. 6.3 Satz 1).

Grundsätzlich zu beachten sind insbesondere das Ladeprofil / die Lademaße (max. Beladungsbreiten / -höhen) und Einschränkungen sowie eine gleichmäßige Lastverteilung und ausreichende Ladungssicherung.

Mit Bezug auf den grenzüberschreitenden Bahnverkehr sind Güter (Sendungen), die an der Schnittstelle Normalspur / Breitspur umgeladen werden, wie z.B. nach Russland, Litauen, Estland oder Lettland, bis zum Grenzbahnhof (Umladestelle) nach den UIC-Verladerichtlinien zu verladen. Ab der Umladestelle erfolgt die Verladung und Sicherung nach SMGS²⁴.

Falls geplant ist - wie im Pkt. 4.2.2 aufgeführt - die Betonelemente auf Güterwaggons, d.h. als Wagenladung oder Container, über die Eisenbahn-Fährverbindung mittels RoRo-Fähre zu verschiffen, gelten unter anderem die „Besonderen Güterbeförderungsbedingungen für Wagenladungen und Container im Eisenbahn-Fährverkehr zwischen den Bahnhöfen Sassnitz-Mukran und Lushskaja / Baltijsk (DRFT)“²⁵, die lokalen Bedingungen der Baltic Port Rail Mukran GmbH sowie im Anschluss die Beförderungsbedingungen der Russischen Eisenbahnen und Bahnen der SMGS-Mitgliedsländer und umgekehrt.

4.2.3 Transportmittel Binnenschiff

Einsatzbereich

Die Staaten Europas verbindet ein gut ausgebildetes Binnenwasserstraßennetz. Über die Donau, den Rhein, die Elbe und Oder, deren Verbindungskanäle sowie Zuflüsse sind die bedeutendsten Industriezentren mit der Hohen See und dem Hinterland verknüpft. Ebenso ist eine Verbindung zur Ost- und Nordsee sowie zum Schwarzen Meer möglich.

Die Beschiffbarkeit der Flüsse ist einzig von witterungsbedingten Einflüssen, dem Wasserstand sowie den notwendigen baulichen Anlagen, in Form von Schleusen zur Regulierung der Wassertiefen und zur Überwindung topografischer Barrieren, abhängig.

Binnenschiffstypen und Anforderungen an die Beladung

In der Frachtschiffahrt werden Motorgüterschiffe oder Schub- bzw. Koppelverbände mit einem Schubschiff oder Motorgüterschiff eingesetzt.

Motorgüterschiffe werden vorwiegend für den Transport relativ hochwertiger Güter über große Entfernungen eingesetzt. Es sind Ein-, Zwei und Mehrraumschiffe für Massen- und Stückguttransporte. Auch der Einsatz

²³ Allgemeine Beförderungsbedingungen für den internationalen Eisenbahngüterverkehr (ABB-CIM), 01.07.2006.

²⁴ Abkommen über den Internationalen Eisenbahn-Güterverkehr (SMGS), Hrsg.: Organisation der Zusammenarbeit der Eisenbahnen (OSShD) und Internationales Eisenbahntransportkomitee (CIT), letzte Fassung 01/2004.

²⁵ Besondere Güterbeförderungsbedingungen für Wagenladungen und Container im Eisenbahn-Fährverkehr zwischen den Bahnhöfen Sassnitz-Mukran und Lushskaja/Baltijsk (DRFT), 07/2011.

im RoRo-Verfahren (*engl.: Roll on – Roll off*) ist in der Binnenschifffahrt möglich. Die Tragfähigkeit der Motorgüterschiffe im mitteleuropäischen Raum liegt überwiegend zwischen 500 und 1.500 t. Auf geeigneten Wasserstraßen sind aber auch Fahrzeuge mit Tragfähigkeiten bis zu 3.000 t anzutreffen.

Schubschiffe werden in Kanalschubschiffe und in die leistungsstärkeren Stromschubschiffe unterteilt.

Ein *Leichter* ist ein Lastkahn ohne eigenen Antrieb und wird von einem Schubschiff im Schubverband oder Motorschiff im Koppelverband geschoben. Die Ladekapazitäten pro Leichter reichen von 1.200 t bis 2.800 t.

Die Schubschifffahrt gilt dabei als die effizienteste Variante der Binnenschifffahrt. Der ökonomische Vorteil der Schubschifffahrt ergibt sich daraus, dass die Leichter unabhängig vom Schubschiff be- und entladen werden können. Für die Schubschiffe fallen dadurch nur geringfügige Wartezeiten an.

Die Binnenwasserstraßen im deutschen Bundesgebiet sind auf Grundlage der räumlichen Abmessungen abgestimmter Schiffstypen klassifiziert. Diese Klassen bestimmen vor allem Länge und Breite der Schiffe. Deren Abladetiefen, Fixpunkthöhen und Tonnagen sind dagegen variabel und werden daher nur als Richtwerte angegeben werden.

Für die Verladung und den Transport durch die Binnenschifffahrt gelten die Internationalen Verlade- und Transportbedingungen für die Binnenschifffahrt (IVTB) des Vereins für europäische Binnenschifffahrt und Wasserstraßen e.V. (VBW).²⁶

Die Verladung von Betonfertigteilen, ob gebündelt oder einzeln, erfolgt analog dem Bahntransport nach Vorgaben des Beförderers unter Beachtung konstruktiver Besonderheiten des eingesetzten Schiffes bzw. Schubleichters.

Der Umschlag der Güter wird in Binnenhäfen durchgeführt, welche im Normalfall über Gleisanschluss und entsprechende (Kran)Anlagen für den Umschlag verfügen. Neben der Vielzahl an z.T. großen Binnenhäfen kommt den temporären Umschlaghäfen²⁷ eine weitere Bedeutung zu. Gerade für die zu transportierenden Betonfertigteile bieten sich die temporären Umschlaganlagen an, da dadurch mehr (Rückbau-)Standorte durch direktere Anfahrtsrouten per LKW bzw. Bahn an das Wasserstraßennetz angeschlossen sind.

4.2.4 Transportmittel Seeschiff / Fähre

Einsatzbereich

Während die Transporte mit LKW relativ flexibel gestaltet werden können bzw. an veränderte terminliche Bedingungen operativ anpassbar sind, ist der Seetransport an feste Vorgaben gebunden wie z.B. an Abfahrtstermine und verfügbare Ladekapazitäten. Daher kommt der Transport von Betonfertigteilen auf Hoher See nur in Frage, wenn die Wiederverwendung in Ostseeanrainerstaaten durchgeführt wird.

²⁶ <http://www.vbw-ev.de> (aufgerufen am 31.01.2013) .

²⁷ Die temporären Umschlaganlagen sind ein zusätzliches Angebot für die Binnenschifffahrt und ergänzen die bereits vorhandenen öffentlichen Binnenhäfen bzw. privaten Werkshäfen.

Es bestehen feste Fährverbindungen zwischen Hamburg, Lübeck (Travemünde), Sassnitz (Mukran), Baltijsk, Ust-Luga, Klaipeda, Sankt Petersburg. Abgesehen vom Fährverkehr können mit gecharterten Schiffen zusätzlich die Häfen Kiel, Lübeck, Rostock, Greifswald, Stettin und Kaliningrad angefahren werden.

Über den Fährhafen Sassnitz können u.a. RoRo-Bahn- sowie RoRo-Trailer-Transporte abgewickelt werden. Die Häfen Lübeck, Rostock und Kiel bedienen überwiegend den LoLo-Verkehr (*engl.: Lift-on Lift –off*) und Containerverkehr.

Schiffs- / Fährtypen sowie Anforderungen an die Beladung

Fährschiffe im RoRo-Verfahren haben Ladekapazitäten bis zu 2.000 Lademetern. Im RoRo-Verfahren transportierte Bauteile, in diesem Fall Betonfertigteile, müssen zuvor auf eine bewegliche Ladeeinheit verladen werden; auf Güterwagen beim RoRo-Bahntransport (Eisenbahn-Fährverbindung) oder auf ein standardisierten Rolltrailer, wenn die Betonelemente per LKW weiter transportiert werden (Nachlauf).

Bei größeren Transportvolumen können zudem Stückgutschiffe und Massengutfrachter unterschiedlicher Bauart gechartert und individuell entsprechend der Nachfrage eingesetzt werden. Hierbei handelt es sich um sogenannte LoLo-Schiffe, bei dem im Gegensatz zum RoRo-Verfahren die Ladung mittels bordeigenem Kran oder einem Hafenkran an und von Bord gehoben wird.

Im LoLo-Verfahren erfolgt das Verladen von Betonbauteilen nach Vorgaben des Beförderers und muss in jedem Einzelfall individuell angepasst werden. In Open-Top-Containern verladene Wandelemente haben zum Beispiel eine Lademaßüberschreitung und können somit nur auf das oberste Deck geladen werden.

Im Gegensatz dazu bieten die beladenen Rolltrailer (Nutzlast: 40 – 120 t je nach Bauart) den Vorteil, an unterschiedlichen Stellen im Schiff platziert werden zu können, so dass die Last auf Deck gleichmäßig verteilt wird.

4.2.5 Transporthilfsmittel

Die oben beschriebenen Fahrzeugtypen können für den Transport von stehenden und waagerechten Bauteilen (Außen-, Innenwände, Deckenelemente, Treppenelemente etc.) in Kombination mit folgenden Transporthilfsmitteln eingesetzt werden:

- zerlegbare Bündelrahmen,
- EQ-Paletten,
- Flatcontainer

für den gebündelten Transport von Deckenelementen und

- Schrägbockgestelle (A-Bock),
- Wandplattenkassetten,
- Open-Top-Container

für Wandelemente.



Abb. 4: Wandtransport mittels Schrägbockgestell (li.) oder Kassetten für den Innenlader-Transport (mi. / re.)

Die Betonelemente müssen auf der Ladefläche des jeweiligen Transportmittels gleichmäßig verteilt werden. Die Betonelemente sind mit Kanthölzern, Holzkeilen, Holzunterlagen / -vorlagen, Festlege- und Führungshölzer oder auch Hängebrettern etc. zu sichern und abzustützen. Eingesetzte Lade- / Transportgestelle müssen mit dem Fahrzeug fest verbunden sein, die Ladung ist mit Spanngurten, ggf. sogar mit Rundstahlketten, Drahtseilen gegen Verrutschen zu sichern.

Weiterführende Informationen zu Transporthilfsmitteln sind im Endbericht der Bearbeitungsphase 1 dieses Projektes²⁸ detailliert aufgeführt.

4.3 Anforderungen an Transport, Umschlag und Lagerung der Bauteile

Neben dem behutsamen Ausbau der BE im Spendergebäude ist dem sachgerechten Handling der Betonelemente bei der Lagerung / Zwischenlagerung, beim Transport und Umschlag eine enorme Bedeutung beizumessen, da hiervon nicht nur die Wirtschaftlichkeit, sondern auch die Standsicherheit des Wiederverwendungsvorhabens abhängt. So ist auch gewährleistet, dass etwaige Beschädigungen der BE während der TUL-Prozesse auszuschließen sind.²⁹

Bei der Entscheidung, welche der benötigten BE in welcher Form gemeinsam gelagert und transportiert werden sollen, ist – wie o.a. – grundsätzlich zu beachten, dass die Einbaulage entscheidend ist. Dies heißt konkret, Deckenplatten sind liegend, Wandelemente aufrecht / stehend zu lagern und (unter Zuhilfenahme eines Transportgestells) zu transportieren. Bei der Lagerung sind Stapelhöhen zu beachten, Füll- / Kanthölzer bzw. Trenngummis und ggf. Transport- bzw. Stapelgestelle zu verwenden sowie notwendige Abstützungen, bspw. bei Tür- / Fensteröffnungen, vorzunehmen. Zudem wird empfohlen, Bauteilstapel gegen Witterungseinflüsse zu schützen mittels bspw. Abdeckfolien.

²⁸ nähere Erläuterungen in: Mettke, A. et.al.: Wiederverwendung von Plattenbauteilen in Osteuropa. Endbericht – Bearbeitungsphase I, FO-Vorhaben DBU-AZ 22286-23, FG Bauliches Recycling, BTU Cottbus, 2008, S.190 – 195.

²⁹ vgl. auch: Mettke, A. et.al.: Wiederverwendung von Plattenbauteilen in Osteuropa. Endbericht – Bearbeitungsphase I, FO-Vorhaben DBU-AZ 22286-23, FG Bauliches Recycling, BTU Cottbus, 2008, S.197 – 198.

Da von einer oder mehreren Zwischenlagerungen der Betonelemente auszugehen ist, sind die Bauteilstapel vorzugsweise so anzuordnen und in ihrer Zusammenstellung so zu optimieren (max. Stapelhöhe), dass diese für den Verladekran und die eingesetzten Transportmittel gut erreichbar und für den An- und Abschläger sicher zugänglich sind. Generell sind die Umschlagaktivitäten auf einen notwendigen Umfang zu minimieren.

(Mehrfache) Bauteilumschläge stellen in Hinsicht auf die Wiederverwendungseignung der Betonelemente ein hohes (Beschädigungs-)Risiko dar. Bei unsachgemäßer Be- und Entladung können die Randzonen der Stahlbetonelemente beschädigt oder sogar unbrauchbar werden bei Rissbildungen. Aus den o.a. Berichten sowie weiteren wissenschaftlichen Begleituntersuchungen der FG Bauliches Recycling zu diesem Thema geht hervor, dass sich nach unnötigen mehreren Umschlägen und Zwischenlagerungen der Bauzustand der BE verschlechtert. Häufig entstehen Abplatzungen an den Bauteilkanten. Dies kann sich als Zusatzaufwand bei der späteren (Re)Montage erweisen, da diese Kanten entsprechend ausgebessert werden müssen.³⁰

Wirtschaftlich gesehen bedeuten unnötige Umschläge zusätzliche Kosten, vor allem bei ungeplanten Zwischenlagerungen.

Die Umschläge auf der Demontagebaustelle können im Idealfall für ein geringes Entgelt zur Beladung der LKW's durch das Rückbauunternehmen realisiert werden. übernommen werden. Hingegen sind beim Bahntransport und beim Schifftransport die Kosten für das Verladen vom Transporteur abhängig. Daher wird im Rahmen der weiteren Betrachtung das ungünstigere Szenario angenommen, d.h. der Aufwand und die Kosten für Bauteilumschläge werden als gesonderte Leistung betrachtet. Kosteneinsparungen beim Umschlag sind im Einzelfall zu prüfen.

³⁰ vgl. auch: Mettke, A. et.al.: Wiederverwendung von Plattenbauteilen in Osteuropa. Endbericht – Bearbeitungsphase I, FO-Vorhaben DBU-AZ 22286-23, FG Bauliches Recycling, BTU Cottbus, 2008, S.151.

5 Vorbereitende Maßnahmen und Aktivitäten zur Umsetzung der Wiederverwendungsmaßnahmen in Deutschland und osteuropäischen Ländern

Die Realisierung des Pilotprojektes in Russland ist als deutsch-russisches Gemeinschaftsvorhaben geplant. Als Investor tritt die russische Baufirma „Petrostrojprojekt“ unter Mitwirkung von russischen Beratern und Direktoren für Unternehmensentwicklung aus Sankt Petersburg auf. Dies sind die Nawa-Invest-S Engineering- und Bau GmbH sowie Vertreter der Staatlichen Universität für Architektur und Bauwesen Sankt Petersburg, welche mit den lokalen Behörden im Kontakt stehen. Auf deutscher Seite wurde die Ecosoil Ost GmbH als bauausführende Firma und Kooperationspartner für das Vorhaben gewonnen, um bei den vorbereitenden Maßnahmen bis zur Umsetzung mitzuwirken.

Leider sind während der Projektbearbeitung Verzögerungen entstanden, die durch die FG Bauliches Recycling nicht beeinflussbar waren. Trotzdem sich die FG Bauliches Recycling auch intensiv bei der Begleitung und Koordinierung sowie Steuerung der notwendigen Finanzierung eingebracht hat, politische Aktivitäten auslöste und auch Unterstützung seitens der DBU erhielt, blieb eine erfolgreiche Umsetzung aus.

Aufbauend auf den Ergebnissen der 1. Bearbeitungsphase und den Zwischenergebnissen im Zuge der zweiten Bearbeitungsstufe des Projektes fand zwischen den Projektpartnern und den eingebundenen Akteuren ein reger fachlicher Austausch statt.

In Abhängigkeit des sich verändernden Pilotprojektes und neu integrierter russischer Partner wurden die Projektvorbereitungen und Vorplanungen inkl. der Transportkonditionen (Projektstufen 1 und 2) stetig aktualisiert und den russischen Partnern übermittelt.

Auf deutscher Seite wurden federführend durch die Projektleiterin über Jahre hinweg permanent mögliche Spendergebäude für die Bereitstellung der erforderlichen Betonelemente für das Pilotvorhaben akquiriert und Vorabstimmungen mit Wohnungsunternehmen durchgeführt wie bspw. in Templin und Ueckermünde. Der zeitliche und planerische Aufwand stieg ins Unermessliche aufgrund der laufenden Veränderungen der Vorgaben der russischen Projektpartner.

Gleichbedeutend, um das Projekt voranzubringen, wurden durch die Projektleiterin unter Einbindung der russischen Partner zusätzliche Abstimmungen und Gespräche bspw. im Bundesbauministerium, bei der deutschen Industrie- und Handelskammer sowie bei der russischen Handelskammer betreffs finanzieller Unterstützung für die Investition geführt. Auch die Ausfertigung mehrerer Schreiben zur Unterstützung der Investoren an russische Entscheidungsträger und eine Suche nach Investoren auf deutscher Seite nahm sich die Projektleiterin an.

Nicht nur mit Blick auf die Realisierung eines Pilotvorhabens im Raum Sankt Petersburg ging die Projektleiterin darüber hinaus bei Planern und Vertretern deutscher Unternehmen, welche in Deutschland, Osteuropa und Russland tätig sind, für eine Unterstützung der Teilvorhaben des Projektes in Werbung. Seitens der FG Bauliches Recycling wurden hierfür Planungsgrundlagen für Wiederverwendungsprojekte in bspw. Polen aber auch für das Referenzobjekt der Ferienparkanlage (s. Pkt. 9) zusammengestellt und in

Gesprächen erläutert. Auch der direkte Schritt, über deutsche Betonhersteller in Russland, einen Projektfortschritt zu erreichen, wurde nicht ausgelassen.

Zudem wirkte die FG Bauliches Recycling zusammen mit dem deutschen Unternehmen an der Organisation von gesonderten Treffen und Abstimmungen in mehreren Städten Ostdeutschlands mit – meist verbunden mit Besuchen auf mehreren Demontagebaustellen.

Intensive Verhandlungen im Vorfeld der Realisierung des Pilotvorhabens ergaben, dass das eingebundene ostdeutsche Unternehmen, welches Referenzen sowohl zur Demontage als auch zur (Wieder-)Montage industriell errichteter Gebäude hat, sich bereit erklärte, für die Rohbauerstellung im Raum Sankt Petersburg einen Bauleiter und Polier zur Anleitung der Arbeit auf der (Re)Montagebaustelle abzustellen. Um auch u.a. technisch-logistischen Fragestellungen des Projektes gerecht zu werden, wurde durch dieses Partnerunternehmen eine Spezialtraverse für den Umschlag der Betonelemente entwickelt und auch gebaut.

Erste Untersuchungsergebnisse und Ziele des Projektes wurden öffentlichkeitswirksam auf der Fachmesse Entsorga Enteco im Oktober 2009 in Köln auf dem Stand der Deutschen Bundesstiftung Umwelt vorgestellt.

Im November 2010 nahmen die deutschen und russischen Partner an der Deutsch-Russischen wissenschaftlich-praktischen Konferenz „Erfahrungen, Probleme, Projekte im Bereich kommunaler und industrieller Abfälle von Groß- und Kleinstädten“ in Berlin teil, um für das Projekt bei Wirtschaftsvertretern aus Russland u.a. bei Gesprächsrunden an Runden Tischen Interesse zu wecken.

Aufgrund der un stetigen und operativ sich mehrfach ändernden Anforderungen an das Pilotprojekt (Einfamilienhaus-Siedlung, Mehrfamilienhäuser an unterschiedlichen Standorten in der Region Sankt Petersburg) wurden, um der Aufgabenstellung gerecht zu werden, neue Kontakte zu Bulgarien aufgebaut und bestehende Kontakte zu Polen wieder belebt.

6 Neubau von Mehrfamilienhäusern in Russland aus Altbetonelementen

Im Rahmen des hier bearbeiteten Forschungsvorhabens „Ökonomische und ökologische Bilanzierung des Transportes von Betonplattenbauteilen aus dem Rückbau von Wohnbauten in Deutschland in Länder Osteuropas und dortige Wiederverwendung beim Neubau von Wohngebäuden“ stand das geplante Pilotprojekt in Russland im Raum Sankt Petersburg im Fokus.

Gegenüber den vorangegangenen Untersuchungen – veröffentlicht im Endbericht – Bearbeitungsphase I³¹ – hat sich der grundlegende Charakter des Pilotvorhabens / Bauwerks und somit auch das erforderliche Betonelementesortiment verändert. Anstelle der ursprünglich geplanten Siedlung aus Ein- und Zweifamilienhäusern tritt der Bau eines Mehrfamilienhauses.

Grund für die Überarbeitung des Gebäudecharakters ist die im Vergleich zu den Vorjahren veränderte Lage auf dem russischen Immobilienmarkt. Resultierend aus der hohen Nachfrage für preisgünstige Wohnraumangebote, der Senkung der Preise für Baumaterialien sowie der Bauselbstkosten und des u.a. Liegenschaftscharakters trafen die russischen Investoren die Entscheidung, im Raum Sankt Petersburg ein 3-geschossiges Mehrfamilienhaus mit 5 Hauseingängen in einer Gesamtfläche von etwa 3.000 m² (s. Pkt. 6.1) bzw. 1.900 m² (s. Pkt. 6.2) zu errichten.

Ein solch hohes Bauvolumen ist für ein Pilotprojekt eine Herausforderung, dessen erfolgreiche Realisierung zudem eine Marktnische für Ein- und Zweifamilienhäuser eröffnen kann. Die Entscheidung, ein mehrgeschossiges Gebäude mit 30 – 40 Wohnungen (WE) in kurzer Bauzeit zu errichten, entspricht den Anforderungen des russischen staatlich geförderten Bundesprogramms „Erschwingliches Wohnen – Sozialwohnungsbau für junge Familien und Militärangehörige“.

Der Bau des Mehrfamilienhauses erforderte eine Anpassung der bisherigen Transportkonzeption in der Bearbeitungsphase I, denn die bisherigen Untersuchungen zielten – seitens der russischen Vorgaben / Entscheidungen – auf ein weniger vielfältiges Elementesortiment und eine höhere Elementanzahl ab. Folglich sind die logistischen Prozesse auf ein weitaus größeres Bauteilspektrum auszurichten. Gleiches trifft für die Akquise von Spendergebäuden zur Bauteilgewinnung zu.

Im nachfolgenden Pkt. 6.1 sind die mit Stand März 2011 wichtigsten Untersuchungsergebnisse zum Pilotprojekt am Standort Nevskaja Dubrovka dargestellt, d.h. zu notwendigen TUL-Prozessen, zu wirtschaftlichen Aspekten und zur ökologischen Relevanz, welche im Teil B des Zwischenberichtes zu diesem Forschungsvorhaben³² ausführlich behandelt wurden.

³¹ Mettke, A. et.al.: Wiederverwendung von Plattenbauteilen in Osteuropa. Endbericht – Bearbeitungsphase I, FO-Vorhaben DBU-AZ 22286-23, FG Bauliches Recycling, BTU Cottbus, 2008.

³² Mettke, A. et.al.: Ökonomische und ökologische Bilanzierung des Transportes von Betonplattenbauteilen aus dem Rückbau von Wohnbauten in Deutschland in Länder Osteuropas und dortige Wiederverwendung beim Neubau von Wohngebäuden, Zwischenbericht zum FO-Projekt, Teil B, FG Bauliches Recycling, BTU Cottbus, 2011.

Im Fortgang der weiteren Projektarbeit sind im Pkt. 6.2 analog Untersuchungen für ein weiteren Standort eines Wiederverwendungsprojekt im Raum Sankt Petersburg, welcher im Laufe des Jahres 2011 durch die russischen Projektpartner anvisiert wurde, mit geänderten Rahmenbedingungen aufgeführt. In der Ortschaft Lodejnoje Pole, ca. 220 km östlich von Sankt Petersburg am Fluss Svir, ist ebenfalls ein 3-geschossiges MFH geplant, jedoch mit rd. 1.900 m² Gesamtfläche.

6.1 Neubau eines MFH in Russland, Standort Nevskaja Dubrovka

Als Standort für den Bau des Demonstrations- / Pilotprojektes ist von den russischen Projektpartnern ein entsprechendes Grundstück in der Ortschaft Nevskaja Dubrovka, Landkreis Vzevolosk, Leningrader Gebiet bestimmt worden. Nevskaja Dubrovka ist ca. 70 km östlich von Sankt Petersburg entfernt und liegt am Ufer der Neva (Abb. 5).

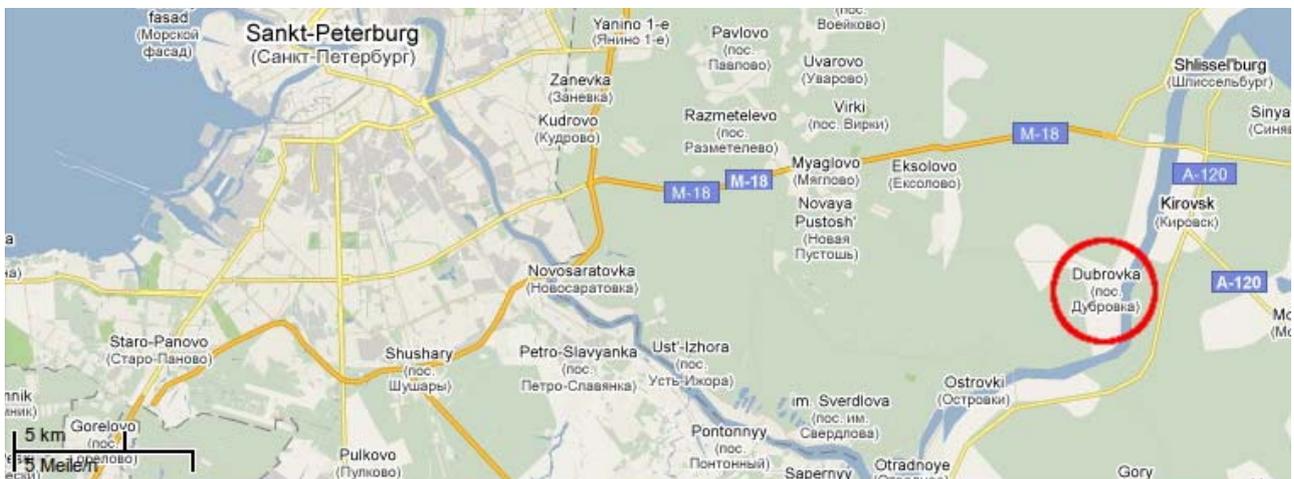


Abb. 5: Siedlung Nevskaja Dubrovka östlich von Sankt Petersburg³³



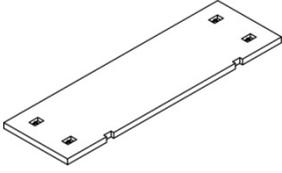
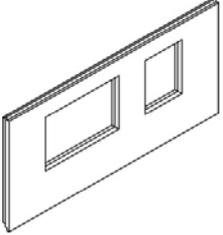
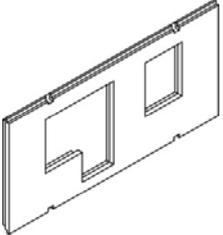
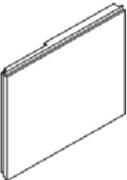
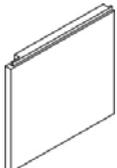
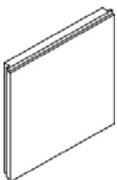
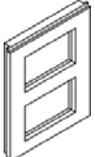
Abb. 6: Bebauungsgebiet Nevskaja Dubrovka³⁴

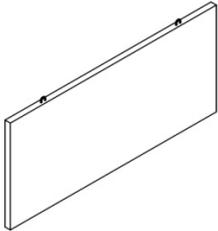
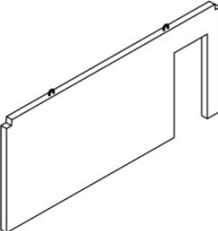
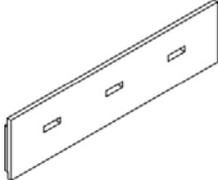
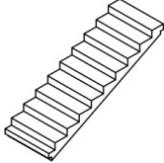
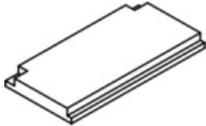
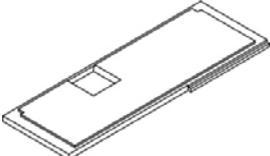
Das Pilotvorhaben ist in direkter Nachbarschaft bereits vorhandener Siedlungsstrukturen zu integrieren (s. Abb. 6). Für dieses Bebauungsgebiet laufen derzeit konkrete Planungen zur städtebaulichen und stadträumlichen Erweiterung. Darunter befindet sich auch das Pilotvorhaben mit einem Angebot von 1-, 2- und 3-Raum-Wohnungen. Abgebildet wird hier lediglich die Siedlung Nevskaja Dubrovka, ohne den exakten Baustandort angeben zu können.

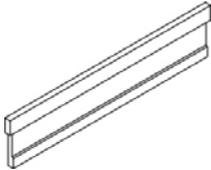
³³ <http://www.maps.google.de/maps>.

³⁴ <http://www.panoramio.com/photo/6563299>.

Tab. 1: Bedarf Betonelementesortiment (WBS 70) zur Errichtung des Pilotvorhabens: 3-gesch. MFH (ca. 2.700 m² BGF)

Betonelement	Elem.-Nr.	Isometrie	Anzahl	Maße [m]	Masse [t]	
					je BE	∑ BE
Deckenelemente						
Deckenplatte	DP-20040		297	5,98 x 1,78 ⁵ x 0,14	3,42	1.016
Außenwände						
Außenwand (2 Fenster)	AW-40418 / AW-40419		36	5,98 x 2,86 ⁵ x 0,26	5,80	209
Außenwand (Balkontür)	AW-40448 / AW-40449		27	5,98 x 2,86 ⁵ x 0,26	5,65	152,5
Außenwand (ohne Fenster)	AW-40390		9	3,58 x 2,86 ⁵ x 0,26	4,78	43
Giebelaußenwand	AW-40510 / AW-40514		12	3,17 x 2,86 ⁵ x 0,26	3,97	48
Giebelaußenwand	AW-40500		12	2,98 x 2,86 ⁵ x 0,26	3,96	47,5
Außenwand/Treppenhaus	AW-40377		6	2,38 x 2,86 ⁵ x 0,26	2,16	13

Innenwände						
Innenwand voll	IW-50500		39	5,81 x 2,63 x 0,15	5,45	212,5
Innenwand (mit Tür)	IW-50501		54	5,81 x 2,63 x 0,15	4,86	262
Drempel Elemente						
AW-Drempel Element	DW-10300		24	5,98 x 1,15 x 0,26	4,26	102
AW-Giebelecke	DW-10200 / DW-10201		4	6,17 x 1,15 x 0,26	4,02	16
Treppenelemente						
Treppenstufenelement	TS-30000		18	2,84 x 1,08 x 0,19	1,50	27
Treppenpodest	TP-30120		18	2,22 x 1,10 x 0,19	1,03	18,5
Treppenpodest	TP-30201		9	5,98 x 2,08 x 0,19	4,88	44

Loggiaelemente						
Loggiabrüstung	LB-40870		27	5,98 x 1,28 x 0,15	2,48	67
Loggiawand	LW-40860 / LW-40862		24	1,55 x 2,78 x 0,15	1,30	31
Loggiawand	LW-40867		15	1,55 x 2,78 x 0,15	1,59	24
Loggiadecke	LD-40900		27	5,98 x 1,30 x 0,23	3,71	100
Gesamt Σ			658	Gesamtmasse Σ		2.433 t

6.1.2 Exemplarische Bewertung eines Spendergebäudes (WBS 70) zur Ermittlung des verfügbaren Elementesortiments

In Vorbereitung des Pilotprojektes in Nevskaja Dubrovka wurde im Rahmen der Akquise ein repräsentatives Spendergebäude hinsichtlich des erforderlichen Bauteilsortiments bewertet. Es handelt sich um ein 6-geschossiges Wohngebäude der Typenserie WBS 70 C 7.1 (Projekt WBK Neubrandenburg) am Standort Templin in der Strahl-Goder-Straße 1 - 4 (Abb. 8, Abb. 9). Zur Veranschaulichung sind ergänzend in der Anlage 1.1 – 1.4 Grundriss- und Deckenpläne (5. und 6. OG) beigefügt.

Der Teilrückbau wurde im Juli / August 2010 durchgeführt und umfasste zwei Geschosse des Wohnhauses mit 4 Sektionen. Die Objektbegehung und Analyse der Projektierungsunterlagen ergaben ein verfügbares Betonelementesortiment von 144 Betonelementen: gelistet in Anlage 1.5. Dies ergibt lediglich ca. 1/5 des veranschlagten Elementebedarfs für das Pilotvorhaben. Somit wurde schnell offenkundig, dass mehrere Teilrückbauvorhaben als potenzielle Spendergebäude heranzuziehen sind, um in Summe veranschlagte 658 Betonelemente bereitstellen zu können.



Abb. 8: Beispiel eines Spendergebäudes der Typenserie WBS 70 (Templin), Ansicht von SW



Abb. 9: Beispiel eines Spendergebäudes der Typenserie WBS 70 (Templin), Ansicht von SO/N

Abb. 9 zeigt hier bspw. u.a. die unterschiedliche Giebelausbildung (unterschiedlich verbaute Betonelemente) innerhalb eines Gebäudes. Daraus folgt, dass bereits im Rahmen der Akquise von Spendergebäuden nicht nur den Gebäudetyp zu achten ist, sondern die Ausführungsart mit dem verbauten Betonelementesortiment für die Wiederverwendungsmaßnahme wesentlich ist (geometrische Passbarkeit).

Weitere Spenderobjekte im Norden Ostdeutschlands wurden durch Befragungen von Wohnungsunternehmen ermittelt. Überwiegend konnten BE aus Teilrückbaumaßnahmen von 2 Geschossen akquiriert werden. Detaillierte Analysen zum Potenzial werden hier nicht aufgezeigt, denn die von der FG Bauliches Recycling eingeleiteten Aktivitäten zur Sicherstellung der wiederverwendungsfähigen Betonelemente mussten wieder „zurückgenommen“ werden aufgrund der noch zu klärenden Finanzierbarkeit der Investition für das Pilotvorhaben.

6.1.3 Transportkonzeption

6.1.3.1 Grundsätzliches zur gewählten Transportkonzeption

Im Teil I dieses Forschungsvorhabens³⁷ wurde herausgearbeitet, dass die Kombination aus Landtransport per LKW / Sattelzug (Vor- und Nachlauf) und Seetransport von Deutschland nach Sankt Petersburg als Vorzugsvariante für den Bauteiltransport (Skizzierung Transportkonzeption, s. Abb. 12) zu wählen ist. D.h. zu betrachten sind die Aufwendungen für die Verkehrsträger Straßenverkehrsnetz und Hochsee. Die Transportmittel und -hilfsmittel, die sortimentsbezogen dafür hauptsächlich eingesetzt werden, sind in der Abb. 10 zusammengestellt.

Nachfolgend werden die Eckdaten zum Transportaufwand der 658 Betonelemente der Typenserie WBS 70 in der gewählten Vorzugsvariante aus LKW-Transport (Vor- und Nachlauf) und Seetransport (Fähre) dargestellt. Betrachtet wird der Aufwand ab der Rückbaubaustelle bis zur (Re)Montagebaustelle in Nevskaja Dubrovka.

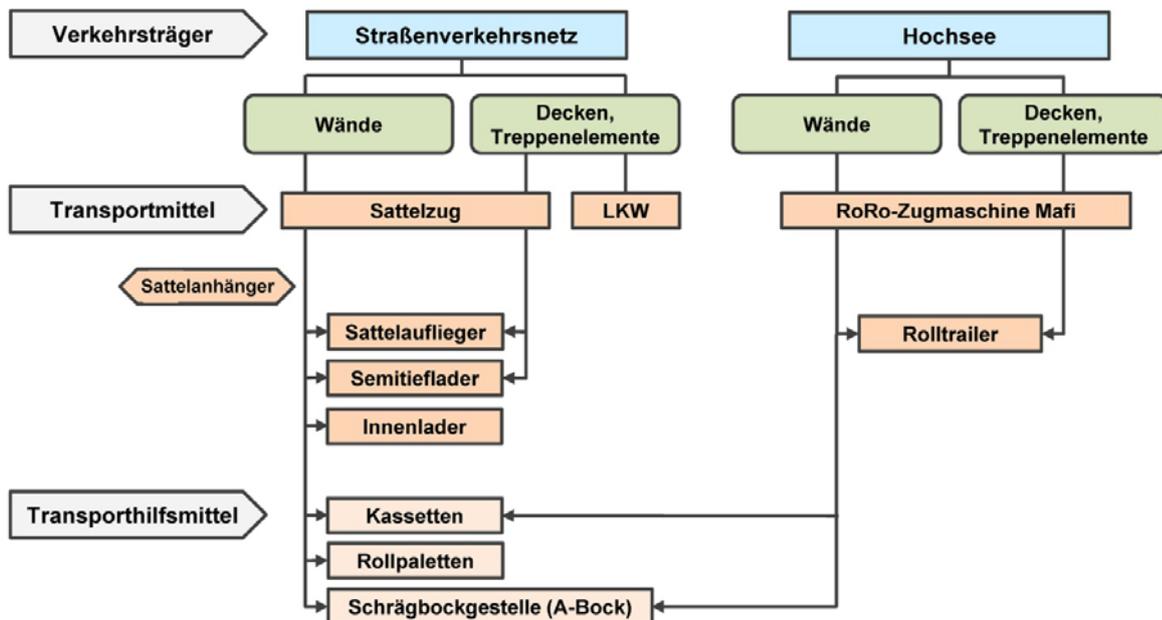


Abb. 10: Übersicht zu hauptsächlich eingesetzten Transportmitteln und -hilfsmitteln

Als Hafen in Deutschland wurde zum Zeitpunkt der Recherche der Fährhafen Sassnitz auf der Insel Rügen aufgrund der ausreichend zur Verfügung stehenden RoRo-Trailer³⁸ gewählt. Alternativ kann jedoch auch der Hafen Rostock in Betracht gezogen werden. Einer Vorortaufnahme zufolge wird bestätigt, dass diese beiden Häfen über eine gut ausgebaute Infrastruktur und reguläre Fährverbindungen nach Sankt Petersburg verfügen.

³⁷ Mettke, A. et.al.: Wiederverwendung von Plattenbauteilen in Osteuropa. Endbericht – Bearbeitungsphase I, FO-Vorhaben DBU-AZ 22286-23, FG Bauliches Recycling, BTU Cottbus, 2008, S.172 ff.

³⁸ Auskunft Transportunternehmen A.

Geplant ist, die Betonelemente per LKW, Innenlader oder Sattelzug, von der Demontagebaustelle – vorzugsweise ohne Zwischenlagerung – direkt zum Hafen zu fahren. Dort sind die Betonelemente auf Rolltrailer zu verladen und zu sichern. Mit einer speziellen Zugmaschine (Mafi) werden dann die Rolltrailer auf die RoRo-Fähre der regulären Linienverbindung Sassnitz – Sankt Petersburg verbracht. Für den Seetransport sind 2 Tage³⁹ veranschlagt. Nach Ankunft im Zielhafen Sankt Petersburg sind die Betonbauteile per LKW über 70 km bis zur (Re)Montagebaustelle zu transportieren (Abb. 12).



Abb. 11: Übersichtskarte des Linienverkehrs per Schiff nach Sankt Petersburg

Innerhalb dieser Logistikkette werden folgende Bauteilumschläge erforderlich (s. Abb. 12, Nummerierung der Umschläge im Pfeil – blau markiert):

- (1) Zwischenlagern der Betonelemente auf der Demontagebaustelle / am Spendergebäude,
- (2) Verladung der demontierten BE auf der Demontagebaustelle auf den LKW,
- (3) Umschlag der Betonelemente am (Ausgangs-)Hafen in Sassnitz vom LKW auf den RoRo-Trailer,
- (4) Umschlag der Betonelemente am (Ziel-)Hafen Sankt Petersburg vom RoRo-Trailer auf den LKW,
- (5) Abladen der BE auf der (Re)Montagebaustelle / Anlieferung der BE (Zwischenlagerung),
- (6) Anschlagen, Montage und Abschlagen der BE

Die benötigte Anzahl an Betonelementen für das Pilotvorhaben wird aus mehreren Spendergebäuden stammen (s. Pkt. 6.1.2). In Anbetracht der Auslastung der RoRo-Trailer ist es von Vorteil, ein Zwischenlager für die RoRo-Trailer im Hafen oder in Hafennähe einzurichten. Im Fährhafen Sassnitz wie auch Rostock besteht die Möglichkeit, die Fracht (Betonelemente) bis zu 4 Wochen kostenfrei zwischenzulagern. Praktischen Erfahrungen zu Folge werden voraussichtlich bereits Zwischenlager auf der Rückbaubaustelle erforderlich.

³⁹ Auskunft Transportunternehmen A.

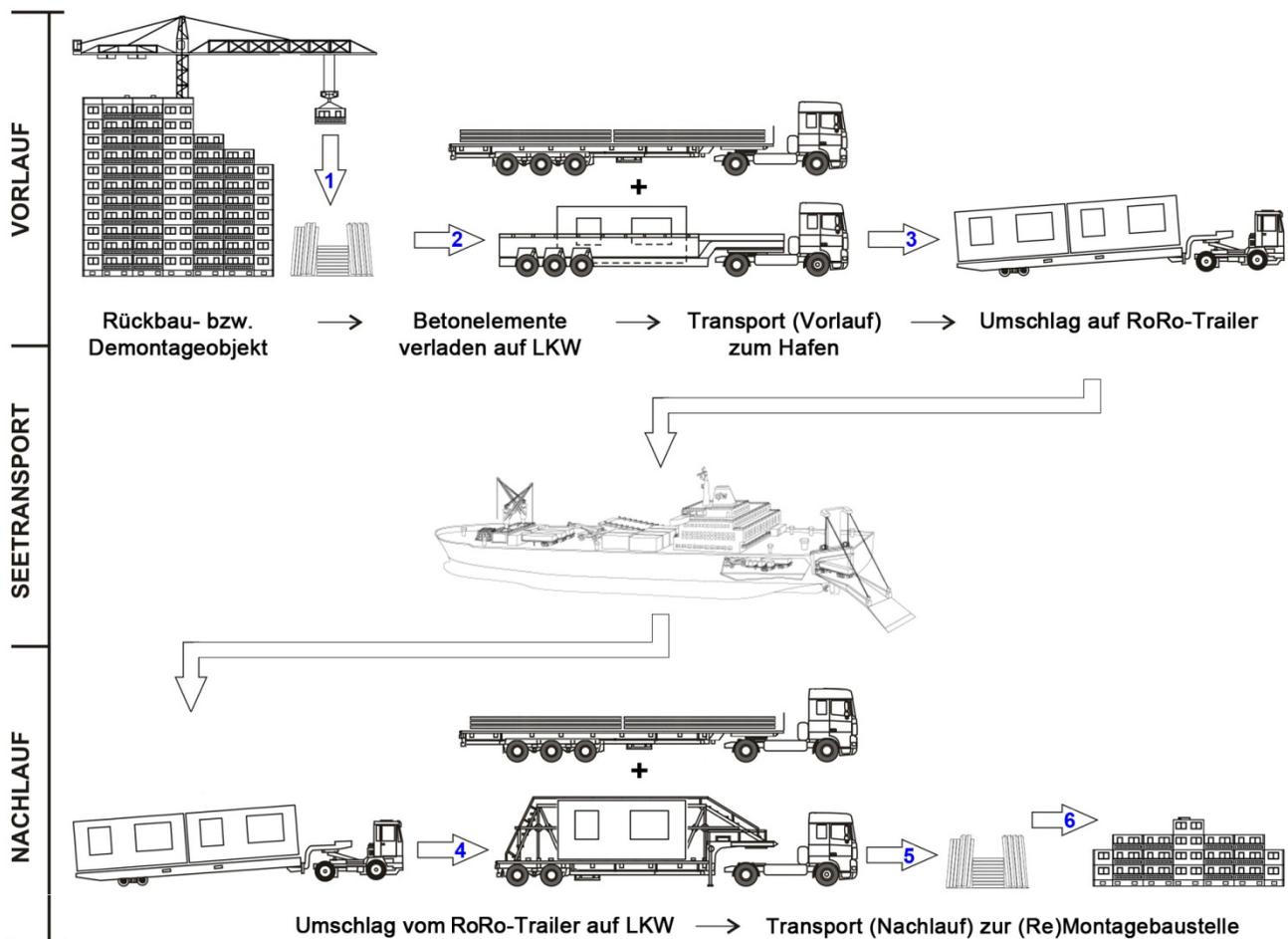


Abb. 12: Transportkonzept des Wiederverwendungsvorhabens in Nevskaya Dubrovka

6.1.3.2 Allgemeine Anforderungen zum LKW-Transport

Um abschätzen zu können, wie viele LKW-Fahrten für den Bauteiltransport notwendig sind, wird das maximal zulässige Ladegewicht von 20 bis 24 t pro Fahrzeug zugrunde gelegt. Daraus resultiert, dass pro LKW-Ladung jeweils max. 4 – 5 Außen- oder Innenwände oder 7 Deckenplatten des WBS 70-Sortiments transportiert werden können (vgl. Tab. 1). Hochgerechnet auf die erforderliche Betonelementeanzahl ergeben sich etwa in Summe **100 – 120 LKW-Fahrten** (Vorlauf) bis zum Hafen Sassnitz. Gleiches trifft zu für die LKW-Fahrten vom Hafen Sankt Petersburg bis zur (Re)Montagebaustelle (Nachlauf).

Die Organisation des Vorlaufprozesses ist abhängig vom Demontageablauf der jeweiligen Rückbaumaßnahme, den örtlichen Bedingungen und Platzverhältnissen am Rückbaustandort. Beengte Platzverhältnisse erfordern immer sukzessiv einen Abtransport der Bauelemente.

Ideal wäre es zwar, die Betonelemente auf dem Gelände des Fährhafens in Deutschland zwischenzulagern, um die gesamte Fracht (658 BE) mit einem Schiff zu transportieren. Aber die 4-wöchige kostenfreie Lagerung im Hafen wird nicht ausreichen für den Antransport der gesamten Bauteilmenge aus verschiedenen Spendergebäuden. Außerdem wird die begrenzt verfügbare Anzahl an Transportgestellen für die Wandtransporte voraussichtlich dazu führen, dass mehrere Schiffstransporte zu planen sind (s. Pkt. 6.1.3.3).

Auf detaillierte Anforderungen an die Beladung beim LKW-Transport wird hier nicht weiter eingegangen. Entsprechende Hinweise sind dem Pkt. 4.2.1 sowie dem Endbericht der Projektphase 1⁴⁰ entnehmbar.

6.1.3.3 Seetransport und Beladungskonzept

Vom Fährhafen Sassnitz zum Hafen Sankt Petersburg verkehren RoRo-Fährschiffe als reguläre Direktverbindung mit bis zu 3.200 Ladungsmetern und einer Ladekapazität von ca. 130 bis 230 Trailern.



In der Konzeption zum Seetransport der 658 Betonelemente wird auf die im Fährhafen Sassnitz zur Verfügung stehenden, einheitlichen 40'RoRo-Trailer⁴¹ (Länge: 12,0 m; Breite: 2,50 m) zurückgegriffen. Je nach Ausführungsart ist eine Zuladung bis zu 60 t bzw. 95 t möglich.

Abb. 13: MA40'Rolltrailer im Hafen Sassnitz

Um eine optimale Auslastung der Rolltrailer zu gewähren, wurden mehrere Beladungsvarianten betrachtet. In der Anlage 2 ist für die Gesamtzahl der zu transportierenden Betonelemente für das Pilotprojekt (658 BE) ein Beladungsvorschlag aufgeführt. Berücksichtigt wurden die Vorgaben zur Beladung mit Betonelementen aus Sicht des Beförderers (Überbreite, Überlänge, Ladungssicherung, Anschlagmöglichkeiten etc.) sowie aus bautechnischer Sicht (Einbaulage, Zwischenhölzer etc.).

Die Verladung und der Transport der Betonelemente erfolgt grundsätzlich in Einbaulage. Dabei sind die waagrecht zu transportierenden Betonelemente (Deckenplatten, Loggiadecken, Treppenpodeste und -stufen) auf dem Rolltrailer übereinander mit Zwischenhölzern und Vorlagen zum Kantenschutz zu stapeln. Die Stapelhöhe inkl. der Zwischenhölzer soll die 1,5-fache Breite des Elements bzw. 3,00 m nicht überschreiten⁴². Letztendlich ist die Anzahl der gestapelten Betonelemente durch die jeweilige maximale Zuladung des Rolltrailers begrenzt.

Beispielhaft ist in Abb. 14 und Abb. 15 ein Beladungskonzept eines 12,0 m langen 40'RoRo-Trailers mit 27 Deckenplatten bzw. 10 Außenwänden skizziert.

⁴⁰ Mettke, A. et.al.: Wiederverwendung von Plattenbauteilen in Osteuropa. Endbericht – Bearbeitungsphase I, FO-Vorhaben DBU-AZ 22286-23, FG Bauliches Recycling, BTU Cottbus 2008, s. 173 ff.

⁴¹ (ft) = Fuß (engl. foot); 1 ft = 0,3048 m; 40 ft ≈ 12,0 m.

⁴² Bundesvorstand des FDGB (Hrsg.): Montage von Fertigteilen, Verlag Tribüne Berlin, 1970, S. 22; Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e.V. (Hrsg.): Merkblatt zur Ladungssicherung von konstruktiven Betonfertigteilen (Nr. 9), Bonn, 09/2010.

Der Transport von senkrecht zu transportierenden Wandelementen sieht grundsätzlich den Einsatz spezieller Transportgestelle vor. Eine optimale technische Lösung für den Seetransport könnte die analog dem LKW-Transport verwendeten Austauschpaletten beim Innenlader oder bspw. eine zerlegbare Stahlkonstruktion, die aus zwei allseitig miteinander verbundenen Stapelrechen besteht, bieten (s. Abb. 15).

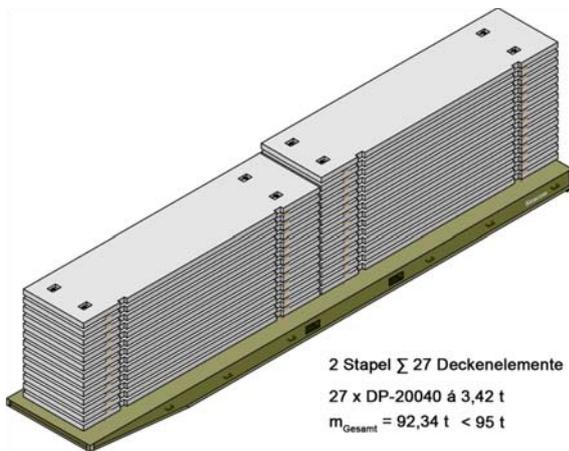


Abb. 14: Variante mit max. Beladung eines 40' RoRo-Trailers (95 t) mit 27 Deckenplatten (B x L: 1,80 m x 6,00 m), Darstellung ohne Ladungssicherung

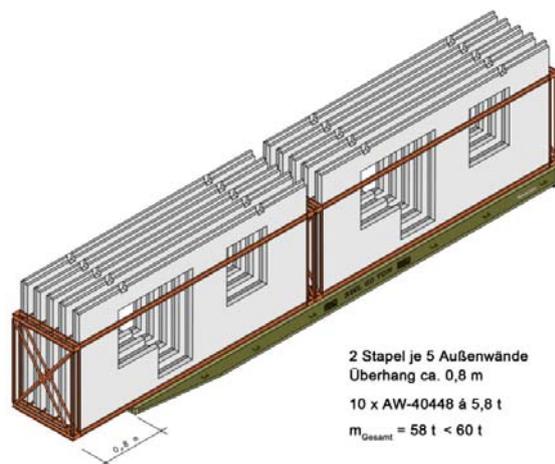


Abb. 15: Variante der Beladung eines 40' RoRo-Trailers mit 10 Außenwänden (L: 6,00 m) mit Überhang; Darstellung ohne Ladungssicherung

Der Beförderer lässt an einer Seite einen Überstand in der Längsachse bis zu einem Meter zu. Der Überstand darf jedoch keine Bruchgefahr für die verladenen Wandplatten darstellen. Deshalb sollte das Betonelement auf dem Querträger der Stahlkonstruktion aufliegen. Durch eine statische Berechnung ist dies nachzuweisen. Die Ladung ist ohne Einschränkungen gegen Verrutschen und Beschädigungen zu sichern. .

Der Seetransport kann je nach Verfügbarkeit der Elemente in einem – wie zuvor empfohlen – oder mehreren Lot(s)⁴³ erfolgen. Insgesamt werden **32 RoRo-Trailer** (40') benötigt (vgl. Anlage 2.1 – 2.5) davon:

- 19 RoRo-Trailer mit einer maximalen Zuladung von 95 t (MA40-95t),
- 13 RoRo-Trailer mit einer maximalen Zuladung von 60 t (MA40-60t).

6.1.4 Kosten Transporte, Umschläge und Zwischenlagerungen

Die Umsetzung des Pilotprojektes im Umland von Sankt Petersburg wird seitens des Investors / Bauherrn / Bauträger ausschließlich von der Wirtschaftlichkeit des Vorhabens bestimmt. Stellen sich keine finanziellen Vorteile gegenüber dem Einsatz neuer, konventioneller Baumaterialien ein, wird das Vorhaben scheitern – trotz exorbitanter ökologischer Vorteile (s. Pkt. 6.1.6).

⁴³ Lot = Charge, Ladungseinheit [ökon.]

Grundlage ist deshalb eine realitätsgerechte Kalkulation der zu erwartenden Transport- und Umschlagskosten für die Betonelemente der hier gewählten Kombination aus Seetransport und Vor- / Nachläufen per LKW.

Neben den rein technisch und logistisch zu lösenden Fragestellungen sind Angebote zu Transporttarifen bei Transport- und Logistikunternehmen eingeholt worden.

Die Transportkostenabfragen zum Schifftransport bei deutschen und russischen Logistikunternehmen⁴⁴ ergaben Preisunterschiede. Auch das Angebot an verfügbaren RoRo-Trailern ist unterschiedlich. Während seitens des russischen Logistikers 40'RoRo-Trailer mit einer maximalen Zuladung von 76,0 t zur Verfügung stehen, kann beim deutschen Logistiker auf 40'RoRo-Trailer mit maximal möglichen Ladegewichten von 60,0 t und 95,0 t zurückgegriffen werden. Letzteres erlaubt bezüglich des angesetzten Bauteilsortiments einen größeren Spielraum für die Beladung.

Die nachfolgende Kostenkalkulation zum Seetransport (s. Pkt. 6.1.4.2 ff.) basiert auf den Kostenwerten des im Fährhafen Sassnitz ansässigen Logistikunternehmens⁴⁵.

6.1.4.1 Zusammensetzung der Transport- und Umschlagskosten

Die Transport- und Umschlagskosten (K_{TUL}) der betrachteten Überführungsvariante LKW – Seetransport – LKW vom Spendergebäude bis zur (Re)Montagebaustelle setzen sich wie folgt zusammen:

$$K_{TUL} = K_{VL} + K_{UA} + K_{LS} + K_{SF} + K_{TR} + K_{UB} + K_{AF} + K_{NL} (+ K_{Zoll}) \quad (1)$$

Indizes:

- VL Vorlauf (LKW)
- UA Umschlag A (vom LKW auf Rolltrailer in einem deutschen Hafen)
- LS Ladungssicherung (RoRo-Trailer im deutschen Hafen)
- SF Seefracht (Kosten RoRo-Trailer auf Hochseefähre gemäß Kostenkalkulation)
- TR Tara Retour (Transportgestelle, Kosten je beladenen RoRo-Trailer)
- UB Umschlag B (vom RoRo-Trailer auf LKW im Hafen Sankt Petersburg)
- AF Abfertigungsgebühren im Zielhafen
- NL Nachlauf (LKW)

Ausgegangen wurde davon, dass die Kosten für die Umschläge auf der Demontagebaustelle und der (Re)Montagebaustelle in den Leistungspaketen der Rückbau- bzw. Baufirma enthalten sind. Daher werden in der Kostenkalkulation nur die Umschläge in den Häfen berücksichtigt (K_{UA} , K_{UB}).

⁴⁴ Angebotsabfragen zum Seetransport von Betonfertigteilen Hafen Sassnitz – Sankt Petersburg: Angebotsschreiben Transportunternehmen A, vom 03.02.2010; Transportunternehmen B, vom 08.02.2010.

⁴⁵ Angebotsabfrage zum Seetransport von Betonfertigteilen Hafen Sassnitz – Sankt Petersburg: Angebotsschreiben Transportunternehmen A, vom 03.02.2010.

Diese einzelnen Kostenpunkte werden auf der Grundlage der eingeholten Transportangebote für den LKW- und Seetransport des zugrundegelegten Betonelementesortiments errechnet⁴⁶.

6.1.4.2 Übersicht zu Transporttarifen und -kosten

Die anzusetzenden Tarife für den Transport und den Umschlag der Betonelemente von der Demontagebaustelle über den Fährhafen Sassnitz und den Hafen Sankt Petersburg bis hin zur (Re)Montagebaustelle in Nevskaja Dubrovka stellen den Stand der Kostenermittlung und -recherche zum Zeitpunkt der Untersuchungen des Bauteiltransports im Jahre 2010 / 2011 dar und sind in der nachstehenden Tab. 2 zusammengestellt.

Tab. 2: Zusammenfassung der Transport- und Umschlagskosten der Betonelemente Hafen Sassnitz - Sankt Petersburg

Transportkosten (Abk.)	Maßnahme / Lagerung	Tarif [€]	pro Einheit	Bemerkungen
T _{VL}	Vorlauf (LKW) ⁴⁷	14,00	pro t	für 100 km Transportentfernung
T _{UA}	Umschlag A	15,00	pro t	Umschlag BE im Fährhafen Sassnitz
T _{LS}	Ladungssicherung	50,00	pro MA40	
T _{SF}	Seefracht	1.541,00	pro MA40, max. 60 t	1.150,00 EUR/MA40 x 1,34 (BAF)
		1.926,25	pro MA40, max. 60 t mit Überbreite	1.150,00 EUR/MA40 x 1,34 (BAF) x 1,25 (Ü-Zuschlag)
		2.010,00	pro MA40, max. 95 t	1.500,00 EUR/MA40 x 1,34 (BAF)
		2.512,50	pro MA40, max. 95 t mit Überbreite	1.500,00 EUR/MA40 x 1,34 (BAF) x 1,25 (Ü-Zuschlag)
T _{TR}	Tara Retour	938,00	pro MA40	700,00 €/MA40 x 1,34 (BAF)
T _{UB}	Umschlag B	22,42	pro Kollo (pro BE)	30,48 USD/MA40 x 0,7355 EUR/USD
T _{AF}	Abfertigungsgebühren	56,41	pro MA40	65,00 USD/MA40 x 1,18 (MWSt) x 0,7355 USD/EUR
T _{NL}	Nachlauf (LKW) ⁴⁸	15,00	pro t	für 70 km Transportentfernung
BAF = Bunkierzuschlag (34 %) / Ü-Zuschlag = Überbreitenzuschlag (25 %)				

⁴⁶ vgl. Erläuterungen zu den Kostenpositionen in: Mettke, A. et.al.: Ökonomische und ökologische Bilanzierung des Transportes von Betonplattenbauteilen aus dem Rückbau von Wohnbauten in Deutschland in Länder Osteuropas und dortige Wiederverwendung beim Neubau von Wohngebäuden, Zwischenbericht zum FO-Projekt, Teil B – Wiederverwendung von Plattenbauteilen in einem Vorort von Sankt Petersburg, DBU-AZ 22286/02-23, 2011, S. 23 – 26.

⁴⁷ vgl. Angebotsabfrage Kosten Lkw-Transport bei Transportunternehmen, in: Lüdtker, M.: Kostenuntersuchungen zum Einsatz von Altbetonteilen anhand eines Referenzobjektes, Diplomarbeit, FG Bauliches Recycling, BTU Cottbus, 2007 (unveröffentlicht).

⁴⁸ gem. Angabe des russ. Projektpartner.

6.1.4.3 Kalkulation der Transport- und Umschlagskosten für das gewählte Betonelementesortiment des Wiederverwendungsvorhabens

Anhand der in Pkt. 6.1.4.2 erläuterten Preise und dem BE-Sortiment für das Vorhaben (Tab. 1) lassen sich die Transportkosten kalkulieren. Die Anzahl der benötigten Trailer für den Seetransport (Σ 19 RoRo-Trailer 95,0 t Zuladung, Σ 13 RoRo-Trailer 60,0 t Zuladung) ist dem Beladungsplan entsprechend der Anlage 2.1 – 2.5 zu entnehmen.

Die **Transport- und Umschlagskosten (K_{TUL})** für die insgesamt 658 Betonelemente belaufen sich bei einem angenommenen Vorlauf per LKW (100 km), dem Seetransport mittels RoRo-Fähre, dem Nachlauf per Lkw (70 km) und unter Berücksichtigung der Zollgebühren auf ca. **231.000 €** (s. Tab. 3 und Tab. 2),

Tab. 3: Kalkulation der Transportkosten für das ausgewählte Betonelementesortiment

Maßnahme / Leistung	Tarif T	Einheit	Formel	Masse / Anzahl	Einheit	Summe
Vorlauf ⁴⁹	14,00	€/t	$K_{VL} = T_{VL} \cdot m_{BE,gesamt}$	2.433	t	34.062,00 €
Umschlag A ⁵⁰	15,00	€/t	$K_{UA} = T_{UA} \cdot m_{BE,gesamt}$	2.433	t	36.495,00 €
Ladungssicherung	50,00	€/MA40	$K_{LS} = T_{LS} \cdot n_{MA}$	32	MA40	1.600,00 €
Seefracht für MA40-60t *	1.541,00	€/MA40	$K_{SF,MA,60t} = T_{SF,MA,60t} \cdot n_{MA,60t}$	13	MA40	20.033,00 €
Seefracht für MA40-95t **	2.010,00	€/MA40	$K_{SF,MA,95t} = T_{SF,MA,95t} \cdot n_{MA,95t}$	19	MA40	38.190,00 €
<i>Zollgebühren für 658 BE (Vorlauf mitgerechnet):</i>						47.520 €
<i>Zollgebühren für 658 BE (Vorlauf nicht mitgerechnet):</i>						34.965 €
Umschlag B ⁵¹	22,42	€/BE	$K_{UB} = T_{UB} \cdot n_{BE}$	658	BE	14.752,00 €
Abfertigungsgebühren	56,41	€/MA40	$K_{AF} = T_{AF} \cdot n_{MA}$	32	MA40	1.805,00 €
Nachlauf ⁵²	15,00	€/t	$K_{NL} = T_{NL} \cdot m_{BE,gesamt}$	2.433	t	36.495,00 €
Gesamt (K_{TUL}): inkl. Zollgebühren (inkl. Vorlauf 100,0 km)						230.955 €
Gesamt (K_{TUL}): ohne Zollgebühren (inkl. Vorlauf 100,0 km)						183.435 €
Gesamt (K_{TUL}): inkl. Zollgebühren (ohne Vorlauf)						184.335 €
* $T_{SF,MA,60t} = T_{MA,60t} \cdot k_{BAF} = 1.150,00 \text{ €} \cdot 1,34 = 1.541,00 \text{ €}$						
** $T_{SF,MA,95t} = T_{MA,95t} \cdot k_{BAF} = 1.500,00 \text{ €} \cdot 1,34 = 2.010,00 \text{ €}$						
[vgl. Tab. 2, ein Überbreitenzuschlag (k_U) wird nicht berechnet]						

⁴⁹ vgl. Angebotsabfrage Kosten LKW-Transport bei Transportunternehmen, in: Lüdtker, M.: Kostenuntersuchungen zum Einsatz von Altbetonteilen anhand eines Referenzobjektes, Diplomarbeit, FG Bauliches Recycling, BTU Cottbus, 2007 (unveröffentlicht).

⁵⁰ gem. Angebot Transportunternehmen A, vom 03.02.2010.

⁵¹ Umschlag B und Abfertigungsgebühren lt. Angebot von Transportunternehmen B, vom 08.02.2010.

⁵² Preisrecherchen russ. Projektpartner, Route Hafen Sankt Petersburg bis Dubrovka, Leningrader Gebiet (ca. 70 km).

Anzumerken ist an dieser Stelle, dass in der Kalkulation vorerst die Kosten für die Anschaffung / Leasing sowie Rückführung (Tara Retour) notwendiger Transportgestelle für den Transport von Wandelementen (s. Tab. 2, T_{TR}) nicht berücksichtigt wurden, da keine konkreten Angaben zur Art der Gestelle, ihrer Anzahl, Eigenmasse etc. gemacht werden können. Dennoch müssen in der praktischen Ausführung diese Transportgestelle, unabhängig von der Art (Kassetten, Schrägbock-Gestelle oder Innenlader-Paletten), zum Ausgangshafen Sassnitz zurück transportiert werden (um die nächste Ladung aufzunehmen). Diese Transportgestelle sind auf den RoRo-Trailern platzsparend (ggf. ineinander gestapelt) zu verladen und zurück zu befördern.

Setzt man nun die ermittelten Transportkosten K_{TUL} von **231.000 €** (inkl. Vorlauf und Zollgebühren) ins Verhältnis zur Gesamtanzahl von 658 BE, so ergibt sich ein finanzieller Transportaufwand von durchschnittlich **ca. 351 €/BE**.

Differenziert man nun zwischen den einzelnen Elementengewichten und setzt diese in Bezug zu den Gesamtkosten des Bauteiltransportes, so ergeben sich im Schnitt für die jeweiligen BE Transportkosten in einer Spanne von ~ 98 € (Treppenpodest) bis ~ 551 € (6,00 m Außenwand), vgl. hierzu Tab. 4.

Um zu ermitteln, wie weit die Demontagebaustelle vom Hafen entfernt sein kann, damit die Wirtschaftlichkeit sowie die Umweltverträglichkeit (s. Pkt. 6.1.6) noch gegeben sind, wurde der Break-Even-Point ermittelt (s. Pkt. 6.1.5.4).

In der Tab. 4 werden hierzu drei Kalkulationsvarianten dargestellt:

- (1) Variante 1: Transportkosten pro Betonelement inkl. 100 km Vorlauf ohne Zollgebühren,
- (2) Variante 2: Transportkosten pro Betonelement inkl. 100 km Vorlauf und Zollgebühren,
- (3) Variante 3: Transportkosten pro Betonelement ohne Vorlaufkosten, aber inkl. Zollgebühren.

Tab. 4: Durchschnittliche Transportkosten für den Transport des angesetzten Sortiments für das Pilotprojekt

Betonelement	Elemente-Nr.	Masse [t]	Transportkosten		
			Variante 1	Variante 2	Variante 3
			pro BE, inkl. Vorlauf 100 km, exkl. Zoll [€] (Werte gerundet)	pro BE, inkl. Vorlauf 100 km, inkl. Zoll [€] (Werte gerundet)	pro BE, exkl. Vorlauf 100 km, inkl. Zoll [€] (Werte gerundet)
Deckenplatte	DP-20040	3,42	258,00	325,00	259,00
Treppenpodest	TP-30120	1,03	78,00	98,00	78,00
Treppenpodest	TP-30201	4,88	368,00	463,00	370,00
Loggiadecke	LD-40900	3,71	280,00	352,00	281,00
Treppenstufelement	TS-30000	1,50	113,00	143,00	114,00
Außenwand (2 Fenster)	AW-40418 / AW-40419	5,80	437,00	551,00	440,00
Außenwand (Balkontür)	AW-40448 / AW-40449	5,65	426,00	536,00	428,00
Außenwand (ohne Fenster)	AW-40390	4,78	360,00	454,00	362,00
Giebelaußenwand	AW-40510 / AW-40514	3,97	300,00	377,00	301,00
Giebelaußenwand	AW-40500	3,96	300,00	376,00	300,00
Außenwand/Treppenhaus	AW-40377	2,16	163,00	205,00	164,00
Innenwand voll	IW-50500	5,45	411,00	518,00	413,00
Innenwand (mit Tür)	IW-50501	4,86	367,00	461,00	368,00
Loggiabrüstung	LB-40870	2,46	187,00	236,00	188,00
AW-Drempelement	DW-10300	4,26	321,00	405,00	323,00
AW-Giebelecke	DW-10200	4,02	303,00	382,00	305,00
Loggiawand	LW-40860 / LW-40862	1,30	98,00	124,00	99,00
Loggiawand	LW-40867	1,59	120,00	151,00	121,00

6.1.5 Wirtschaftliche Aspekte der Wiederverwendung von Betonbauteilen

6.1.5.1 Preise für neue Stahlbetonbauteile in Sankt Petersburg

Für die Ermittlung der Neuteilpreise von Betonelementen in Sankt Petersburg sind die amtlichen Preiskataloge⁵³ der russischen Bundesagentur für Bauwesen und Kommunalwirtschaft zu Grunde gelegt worden. Auf der Basis von Durchschnittspreisen werden hier regelmäßig die statistisch ermittelten Umrechnungskoeffizienten zu aktuellen Preisen für jede Region und jede Preisgruppe (Baustoffe, Einsatz der Bautechnik, Lohn etc.) veröffentlicht. Daher werden in nachfolgender Tab. 5 Katalogpreise für vergleichbare neue Betonelemente im Leningrader Gebiet auf Grundlage der amtlichen Preiskataloge aufgeführt, die für die Preisermittlung vergleichbarer Betonelemente örtlicher Herstellung angesetzt wurden ($K_{BE,neu}$). Die Umrechnung in Preise, Stand März 2010, erfolgt mit einem Koeffizient von 6,975 plus 18 % gesetzlicher MwSt.

⁵³ Russische Bundesagentur für Bauwesen und Kommunalwirtschaft (Hrsg.): Katalog der Voranschlagspreise im Bauwesen, Basispreise.

Tab. 5: Katalogpreise für vergleichbare neue Betonelemente im Leningrader Gebiet (2010)

Betonelement	Elemente-Nr.	pro Betonelement				Σ BE	Insgesamt neue BE [€]
		Volumen [m ³] ⁵⁴	Basispreis [RUB/m ³]	Preis 03/2010 brutto [RUB/BE]*	Preis 03/2010 brutto [€/BE]**		
Deckenplatte	DP-20040	1,40	2.392	27.562	694	297	206.037
Treppenpodest	TP-30120	0,42	3.095	10.699	269	18	4.847
Treppenpodest	TP-30201	1,96	3.095	49.931	1.257	9	11.311
Loggiadecke	LD-40900	1,52	3.068	38.386	966	27	26.087
Treppenstufenelement	TS-30000	0,62	4.469	22.803	574	18	10.331
Außenwand (2 Fenster)	AW-40418/419	2,34	2.383	45.901	1.155	36	41.592
Außenwand (Balkontür)	AW-40448/449	2,27	2.383	44.528	1.121	27	30.261
Außenwand (o. Fenster)	AW-40390	1,99	2.383	39.036	983	9	8.843
Giebelaußenwand	AW-40510/514	1,65	2.383	32.366	815	12	9.776
Giebelaußenwand	AW-40500	1,65	2.383	32.366	815	12	9.776
Außenwand/Treppenh.	AW-40377	0,83	2.383	16.281	410	6	2.459
Innenwand voll	IW-50500	2,26	2.121	39.453	993	39	38.728
Innenwand (mit Tür)	IW-50501	2,01	2.121	35.089	883	54	47.692
Loggiabrüstung	LB-40870	1,02	1.489	12.500	315	27	8.495
AW-Drempelement	DW-10300	1,80	2.383	35.308	889	24	21.329
AW-Giebelecke	DW-10200	1,70	2.383	33.347	839	4	3.357
Loggiawand	LW-40860/862	0,53	1.448	6.315	159	24	3.815
Loggiawand	LW-40867	0,66	1.448	7.864	198	15	2.969
					K_{BE, neu}	Σ 658	487.703 €
<p>* Amtlicher Umrechnungskoeffizient zu Basispreis für I. Quartal 2010 – 6,975 ** Umrechnungsfaktor 39,73 Rubel/Euro; o.a. Angabe in Euro gerundet</p>							

Die Kosten für **neu** zu produzierende **Betonelemente** ($K_{BE, neu}$) belaufen sich auf ~ **488.000 €**.

Die Ermittlung von Preisen für vergleichbare Stahlbetonfertigteile im Raum Sankt Petersburg mittels Angebotseinholung ergab keine verlässlichen Ergebnisse. Der Markt für Baustoffe befindet sich im Umbruch. Die Bereitstellungskosten für Betonelemente variieren in Abhängigkeit des jeweils angebotenen Elementesortiments und hängen neben der Bestellmenge – aufgrund der lokalen Branchenspezifika – auch von wirtschaftlichen Kooperationen zwischen dem Fertigteilwerk und dem Bauunternehmen ab. Es ist üblich, Sonderkonditionen zwischen Rohstoff- und Baustoffhersteller (Produzenten), Banken und beteiligten Planungs- und Bauunternehmen auszuhandeln.⁵⁵

⁵⁴ Mettke, A. (Hrsg.): Elementekatalog. Übers.: Elementesortiment des Typs WBS 70, FG Baul. Recycling, Cottbus 2007.

⁵⁵ Aussage beruht auf Berichten der in Sankt Petersburg ansässigen Projektpartner.

6.1.5.2 Gesamtkosten zur Vorbereitung, zum Transport und Umschlag der Altbetonbauteile

Neben den reinen Transport- und Umschlagskosten (K_{TUL}) (Pkt. 6.1.4.2) sind weitere Kosten in der Gesamtbetrachtung für die Wiederverwendung der Betonelemente zu berücksichtigen.

Dazu gehören: Kosten für Vorplanungen, -auswahl der Betonelemente, Eruiierung des Spendergebäudes, das Logistikkonzept, Bereitstellungs-, Prüf- und Bauteilsäuberungskosten sowie ein Sicherheitsaufschlag „Wagnis und Gewinn“. Anteilsmäßig werden die Kosten auf €/m² Bauteilfläche veranschlagt.

Der finanzielle Aufwand zur Wiederverwendung gebrauchter Betonelemente K_{Ges} in Osteuropa (ohne (Re)Montagekosten), hier in Nevskaja Dubrovka, ergibt sich zusammengestellt in der Summe aus:

$$K_{Ges} = K_{Vorpl} + K_{Prüf} + K_{Bereit} + K_{Säub} + K_{TUL} + K_{W+G} \quad (2),$$

$$K_{Vorb} = K_{Vorpl} + K_{Prüf} + K_{Bereit} + K_{Säub} \quad (3),$$

K_{Ges}	Gesamtkosten für Vorleistungen sowie Transport- und Logistikprozesse
K_{Vorpl}	Kosten für Vorplanung, Vorauswahl Betonelemente, Eruiierung Rückbauobjekte
$K_{Prüf}$	Kosten für Bauzustandsanalyse (Konformitätsprüfung etc.)
K_{Bereit}	Kosten für die Bereitstellung gebrauchter Betonelemente auf der Demontagebaustelle
$K_{Säub}$	Kosten für die Bauteilsäuberung ausgewählter Betonelemente
K_{TUL}	Kosten für Transporte, Umschlag und (Zwischen-)Lagerung
K_{W+G}	Sicherheitszuschlag „Wagnis und Gewinn“
K_{Vorb}	Vorbereitungskosten

Aus dem Gesamtkostenaufwand (K_{Ges}) ergibt sich dann in der Gegenüberstellung zu den Neuteilpreisen vergleichbarer Betonelemente im Leningrader Gebiet die voraussichtliche Gewinnspanne für dieses Pilotvorhaben.

Die hierbei resultierende Differenz zwischen den TUL-Kosten der Betonelemente und Neuteilbereitstellung gibt den möglichen Einzugsradius der in Frage kommenden Rückbaustellen zur Bauteilgewinnung vor.

Die als Vorbereitungskosten (K_{Vorb}) anfallenden Kosten sind im Zwischenbericht zum Projekt im Teil B ausführlich und bauelementebezogen aufgeschlüsselt dargestellt.⁵⁶

In nachfolgender Tab. 6 werden die Kosten für die Bauteilvorbereitung (K_{Vorb}) mit denen in Tab. 5 (Var. 3) ermittelten Transportkosten bzgl. des Gesamtbauteilsortiments von 658 BE und dem Sicherheitsaufschlag zusammengestellt. Die Vorlaufkosten (LKW) sind hierbei nicht berücksichtigt, da diese je nach Transportentfernung zu der/den Rückbau-/Demontagebaustelle(n) variieren.

⁵⁶ vgl. Erläuterungen zu den Kostenpositionen im Zuge der Vorbereitung der Betonbauteile in: Mettke, A. et.al.: Ökonomische und ökologische Bilanzierung des Transportes von Betonplattenbauteilen aus dem Rückbau von Wohnbauten in Deutschland in Länder Osteuropas und dortige Wiederverwendung beim Neubau von Wohngebäuden, Zwischenbericht zum FO-Projekt, Teil B – Wiederverwendung von Plattenbauteilen in einem Vorort von Sankt Petersburg, DBU-AZ 22286/02-23, 2011, S. 33 – 37 (Tab. 8).

Tab. 6: Vorbereitungs-, Transport- und Umschlagskosten, Wagnis & Gewinn (Gesamtbauelementesumme)

Betonelement	Masse (je BE)	Anzahl	Gesamtkosten (Bauteil bezogen)				Gesamtkosten K_{Ges}
			K_{Vorb}	$K_{TUL, BE}$	K_{W+G}	$K_{Ges BE}$	
Bemerkungen				(ohne Vorlauf, inkl. Zoll)	3 % $\sum K_{TUL, BE} + K_{Vorb}$		
Einheit	[t]		[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
AW-40377 Außenwand (Treppenhaus)	2,16	6	39 €	164 €	6,08 €	209 €	1.254 €
AW-40390 Außenwand (ohne Fenster)	4,78	9	97 €	362 €	13,77 €	473 €	4.257 €
AW-40418/40419 Außenwand (2 Fenster)	5,80	36	122 €	439 €	16,83 €	578 €	20.808 €
AW-40448/40449 Außenwand (Balkontür)	5,65	27	118 €	428 €	16,38 €	562 €	15.174 €
AW-40500 Giebel-AW	3,96	12	81 €	300 €	11,42 €	392 €	4.704 €
AW-40510/40514 Giebel-AW	3,97	12	86 €	301 €	11,59 €	398 €	4.776 €
DP-20040 Deckenplatte	3,42	297	107 €	259 €	10,98 €	377 €	111.969 €
DW-10200/10201 AW-Giebelecke	4,02	4	50 €	305 €	10,63 €	365 €	1.460 €
DW-10300 AW-Drempel-BE	4,26	24	48 €	323 €	11,13 €	382 €	9.168 €
IW-50500 Innenwand	5,45	39	145 €	413 €	16,75 €	575 €	22.425 €
IW-50501 Innenw.(mit Tür)	4,86	54	128 €	368 €	14,89 €	511 €	27.594 €
LB-40870 Loggiabrüstung	2,48	27	30 €	188 €	6,55 €	225 €	6.075 €
LD-40900 Loggiadecke	3,71	27	31 €	281 €	9,37 €	322 €	8.694 €
LW-40860/40862 Loggiawand	1,30	24	17 €	99 €	3,47 €	119 €	2.856 €
LW-40867 Loggiawand	1,59	15	17 €	120 €	4,13 €	142 €	2.130 €
TP-30120 Treppenpodest	1,03	18	10 €	78 €	2,63 €	90 €	1.620 €
TP-30201 Treppenpodest	4,88	9	50 €	370 €	12,58 €	432 €	3.888 €
TS-30000 Treppenstufe	1,50	18	12 €	114 €	3,77 €	129 €	2.322 €
Summe		658				K_{Ges}	251.174 €

Die kalkulierten **Gesamtkosten (K_{Ges})** für die Bereitstellung der 658 gewählten Betonelemente, bestehend aus dem Bauteiltransport (ohne Vorlauf), den Umschlägen, der Vorbereitung sowie den Aufschlag für Wagnis & Gewinn, belaufen sich auf insgesamt **rd. 251.200 €**.

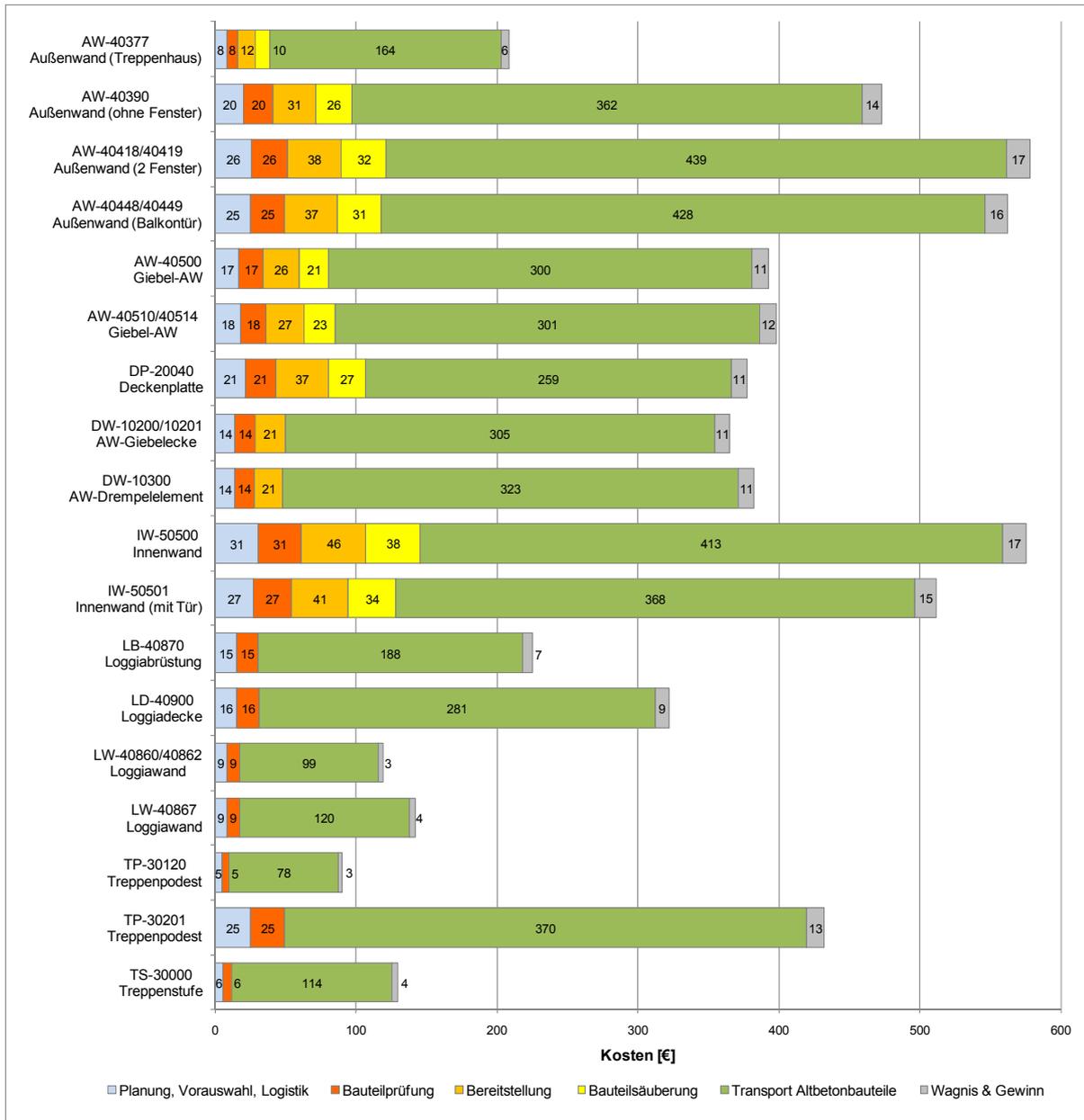


Abb. 16: Kostenzusammensetzung: Vorbereitung der BE zur Wiederverwendung / Transport der Altbetonbauteile

6.1.5.3 Preisvergleich für neue Betonfertigteile und angelieferte Altbetonelemente

Nachfolgend werden die kalkulierten Transportkosten für das gewählte Betonelementesortiment mit den durchschnittlichen Bereitstellungspreisen für vergleichbare Stahlbetonfertigteile aus der Fertigung im / in Betonwerk(en) im Leningrader Gebiet gegenübergestellt (Tab. 7).

Im Vergleich werden hierbei nur die Transportkosten für die WBS 70-Betonbauteile inklusive anfallender Zollgebühren ohne Vorlaufkosten betrachtet.

Tab. 7: Einsparungseffekte an Kosten je Betonelement (Neuteilpreise RU – Kosten der Bereitstellung)

Betonelement	pro Betonelement			Anzahl	Sortiment BE gesamt			Einsparungseffekt
	Σ Kosten der Bereitstellung ($K_{TUL, BE}$ ohne Vorlauf)	Preis vergleichbare neue BE (RU)	Kostenvorteil Altbetonbauteil		Σ Kosten der Bereitstellung (K_{TUL} ohne Vorlauf)	Preis vergleichbare neue BE (RU)	Kostenvorteil Altbetonbauteile	
	$K_{Ges, BE}$	$K_{BE, neu}$			K_{Ges}	K_{neu}		
	[€]	[€]	[€]		[€]	[€]	[€]	
AW-40377 Außenwand (Treppenhaus)	209 €	410 €	201 €	6	1.254 €	2.459 €	1.205 €	49 %
AW-40390 Außenwand (ohne Fenster)	473 €	983 €	510 €	9	4.257 €	8.843 €	4.586 €	52 %
AW-40418/40419 Außenwand (2 Fenster)	578 €	1.155 €	577 €	36	20.808 €	41.592 €	20.784 €	50 %
AW-40448/40449 Außenwand (Balkontür)	562 €	1.121 €	559 €	27	15.174 €	30.261 €	15.087 €	50 %
AW-40500 Giebel-AW	392 €	815 €	423 €	12	4.704 €	9.776 €	5.072 €	52 %
AW-40510/40514 Giebel-AW	398 €	815 €	417 €	12	4.776 €	9.776 €	5.000 €	51 %
DP-20040 Deckenplatte	377 €	694 €	317 €	297	111.969 €	206.037 €	94.068 €	46 %
DW-10200/10201 AW-Giebelecke	365 €	839 €	474 €	4	1.460 €	3.357 €	1.897 €	57 %
DW-10300 AW-Drempel-BE	382 €	889 €	507 €	24	9.168 €	21.329 €	12.161 €	57 %
IW-50500 Innenwand	575 €	993 €	418 €	39	22.425 €	38.728 €	16.303 €	42 %
IW-50501 Innenw.(mit Tür)	511 €	883 €	372 €	54	27.594 €	47.692 €	20.098 €	42 %
LB-40870 Loggiabrüstung	225 €	315 €	90 €	27	6.075 €	8.495 €	2.420 €	28 %
LD-40900 Loggiadecke	322 €	966 €	644 €	27	8.694 €	26.087 €	17.393 €	67 %
LW-40860/40862 Loggiawand	119 €	159 €	40 €	24	2.856 €	3.815 €	959 €	25 %
LW-40867 Loggiawand	142 €	198 €	56 €	15	2.130 €	2.969 €	839 €	28 %
TP-30120 Treppenpodest	90 €	269 €	179 €	18	1.620 €	4.847 €	3.227 €	67 %
TP-30201 Treppenpodest	432 €	1.257 €	825 €	9	3.888 €	11.311 €	7.423 €	66 %
TS-30000 Treppenstufe	129 €	574 €	445 €	18	2.322 €	10.331 €	8.009 €	78 %
Summe				658	251.174 €	487.703 €	236.529 €	48 %

Aus dem Vergleich der ermittelten Kosten geht hervor, dass bezogen auf das **einzelne Betonelement** insgesamt **Einsparungseffekte** durch die Anlieferung wiederverwendungsgerechter Betonbauteile aus Deutschland gegenüber der Betonfertigteilbereitstellung im Leningrader Gebiet **von ca. 25 bis 78 %** möglich sind – jedoch **ohne Berücksichtigung der Kosten für den Vorlauf**. Der größte Kostenvorteil ist bei den Treppenbauteilen zu erwarten (~ 70 %). Lediglich 25 % der Kosten können bei der Loggiawand eingespart werden.

6.1.5.4 Fazit der wirtschaftlichen Betrachtungen

Die im Zwischenbericht im Teil B dieses Projektes⁵⁷ ausführlich dargestellten wirtschaftlichen Aspekte der Wiederverwendung des gewählten Elementesortiments von 658 Betonbauteilen werden nachfolgend auf die wichtigsten Ergebnisse zusammengefasst.

Die Gegenüberstellung der Preise für neu produzierte Betonelemente im Raum Sankt Petersburg mit den angelieferten, schon einmal in Nutzung gewesenen Betonelementen aus Ostdeutschland zeigt, dass in Abhängigkeit des Standortes des Spendergebäudes (es wird davon ausgegangen, dass mehrere Spendergebäude erforderlich sind; richtet sich nach dem Bauvorhaben) in einem nicht unerheblichen Maße Kosten eingespart werden können.

Wird das einzelne Betonelement ohne Berücksichtigung des Vorlaufs (Transportentfernung von der Demontagebaustelle bis zum Hafen Sassnitz) betrachtet, so variieren die Einsparungen von 25 % bei der Wiederverwendung einer Loggiawand bis 78 % bei der Wiederverwendung eines Treppenstufenelementes (s. Tab. 7). Für Außen- und Innenwände sind Einsparungen von 40 – 50 % möglich.

Um aufzeigen zu können, welche Kostenvorteile sich in Abhängigkeit der Entfernungen vom Spendergebäude bis zum Hafen Sassnitz (Vorlauf) für den Elementetransport ergeben, wurde der Break-Even-Point für die einzelnen Bauelemente und Bauteilgruppen bestimmt. Zugrunde gelegt wurden die Vorbereitungs-, Transportkosten (außer Vorlauf: Spendergebäude bis zum Hafen Sassnitz) und Wagnis & Gewinn in Bezug zu den Neuteilpreisen in Russland. Die Kosten für den Rücktransport der Transportgestelle (Schiff) wurden nicht berücksichtigt.

Ermittelt wurde, dass Treppenelemente den höchsten Kostenvorteil aufweisen. Bei einer Vorlaufstrecke von z.B. 75 km beträgt die Kosteneinsparung 94 €/m², bei 250 km 87 €/m² und bei 725 km sind es noch 68 €/m² Bauteilfläche. Die Kosteneinsparungen zur Bereitstellung der hauptsächlich verbauten Betonbauteile Decken und Innenwände bewegen sich in adäquaten Größenordnungen. Bspw. ergeben sich für Decken bei einem Vorlauf von 250 km Kostenersparnisse von 26 €/m² und für Innenwände 25 €/m² Bauteilfläche. Bei Außenwänden betragen die Kostenersparnisse bei 250 km Vorlaufstrecke durchschnittlich 43 €/m²

⁵⁷ Mettke, A. et.al.: Ökonomische und ökologische Bilanzierung des Transportes von Betonplattenbauteilen aus dem Rückbau von Wohnbauten in Deutschland in Länder Osteuropas und dortige Wiederverwendung beim Neubau von Wohngebäuden, Zwischenbericht zum FO-Projekt, Teil B – Wiederverwendung von Plattenbauteilen in einem Vorort von Sankt Petersburg, DBU-AZ 22286/02-23, 2011, S. 31 – 74.

Bauteilfläche. Die geringsten Einsparungen erzielen Loggiaelemente mit 23 €/m² Bauteilfläche bei 250 km zurückgelegtem Vorlauf.

Unter Zugrundelegung des insgesamt zu verbauenden Bauelementesortiments im Pilotprojekt (Bauelementemix) zeigt es sich, dass bei einer Kosteneinsparung von bspw. 30 % die Vorlaufstrecke bis zum Hafen max. 265 km betragen kann. Bei einer Kosteneinsparung von 40 % vermindert sich im Vergleich dazu der Vorlauf um 143 km auf max. 122 km. Eine Kosteneinsparung von 50 % für die Erstellung des Pilotprojektes ist voraussichtlich nicht erzielbar.

Realistisch scheint, dass durch die Bereitstellung von gebrauchten Betonelementen für das Pilotvorhaben Kosten zwischen 30 % und 40 % im Vergleich zur Neuproduktion eingespart werden können. Der / die Standort(e) der / des Spendergebäude(s) bewegt sich dabei im Einzugsbereich zwischen ca. 120 km und 265 km vom Hafen Sassnitz entfernt.

Zusammenfassend wird festgestellt, dass die Wiederverwendung von gebrauchten Betonbauteilen – zurück gewonnen im Norden Ostdeutschlands – im Nahgebiet um Sankt Petersburg wirtschaftlich vertretbar ist und zu einer Senkung der Rohbaukosten beiträgt.

6.1.6 Ökologische Relevanz – Energieaufwand und Emissionsbetrachtungen zum Bauteiltransport und Bauteilumschlag

An dieser Stelle soll darauf hingewiesen werden, dass für die gebrauchten Betonbauteile bereits Energie zur Herstellung aufgewandt und Emissionen freigesetzt wurden. Daher ist grundsätzlich eine lange Lebensdauer von Bauelementen anzustreben, um die Energie- und Emissionsmengen für eine vergleichbare Menge neu zu produzierender Baumaterialien bzw. -elemente einsparen zu können. Mittels Wieder- und Weiterverwendungen, dem Erhalt der Betonelemente in Gänze, ist dies beispielsweise möglich.

In welchen Größenordnungen Energie eingespart und klimarelevante Emissionen durch Wiederverwendungen eingedämmt werden können, verdeutlichen die nachstehenden Ergebnisse, welche zusammenfassend dem Zwischenbericht im Teil B dieses Projektes⁵⁸ entnommen sind.

Die Untersuchungsergebnisse zum Energieaufwand und die Emissionsbetrachtungen zum Bauteiltransport inkl. der Bauteilumschläge ergeben für die geplante Wiederverwendungsmaßnahme (Pilotprojekt) im Raum Sankt Petersburg deutliche Energieeinspareffekte im Vergleich zur Neuproduktion.

⁵⁸ Mettke, A. et.al.: Ökonomische und ökologische Bilanzierung des Transportes von Betonplattenbauteilen aus dem Rückbau von Wohnbauten in Länder Osteuropas und dortige Wiederverwendung beim Neubau von Wohngebäuden, Zwischenbericht zum FO-Projekt, Teil B – Wiederverwendung von Plattenbauteilen in einem Vorort von Sankt Petersburg, DBU-AZ 22286/02-23, 2011, S. 75 – 95.

Insgesamt wurden ~ **1.800 GJ** für alle **TUL-Prozesse** für die **658 BE** ermittelt (Abb. 17). Davon entfallen auf

- den LKW-Vorlauf (Vorlauf 1: 140 km, Vorlauf 2: 285 km): 565 GJ
- die Hafentransporte (RoRo-Zugmaschine): 6 GJ,
- den Seetransport (RoRo-Fähre): 366 GJ,
- den LKW-Nachlauf (70 km): 213 GJ
- den Kraneinsatz auf der Demontagebaustelle (U1): 382 GJ
- das Beladen der LKW auf den Rückbaubaustellen 1 und 2 (U2): 112 GJ
- das Entladen der LKW / Beladen der RoRo-Trailer im Fährhafen Sassnitz (U3): 21 GJ
- das Entladen der RoRo-Trailer / Beladen der LKW im Hafen Sankt Petersburg (U4): 20 GJ
- das Entladen der LKW auf der (Re)Montagebaustelle (U5): 107 GJ

Hingegen beläuft sich die **Neuteilproduktion** der **658 BE** auf ~ **5.640 GJ**. Daraus resultiert eine **Einsparung an Energie** in Höhe von **3.840 GJ (~ 68 %)**. D.h., nur ca. 1/3 der benötigten Energie zur Herstellung der Betonelemente wird für die Wiederverwendung in über 1.500 km Entfernung benötigt.

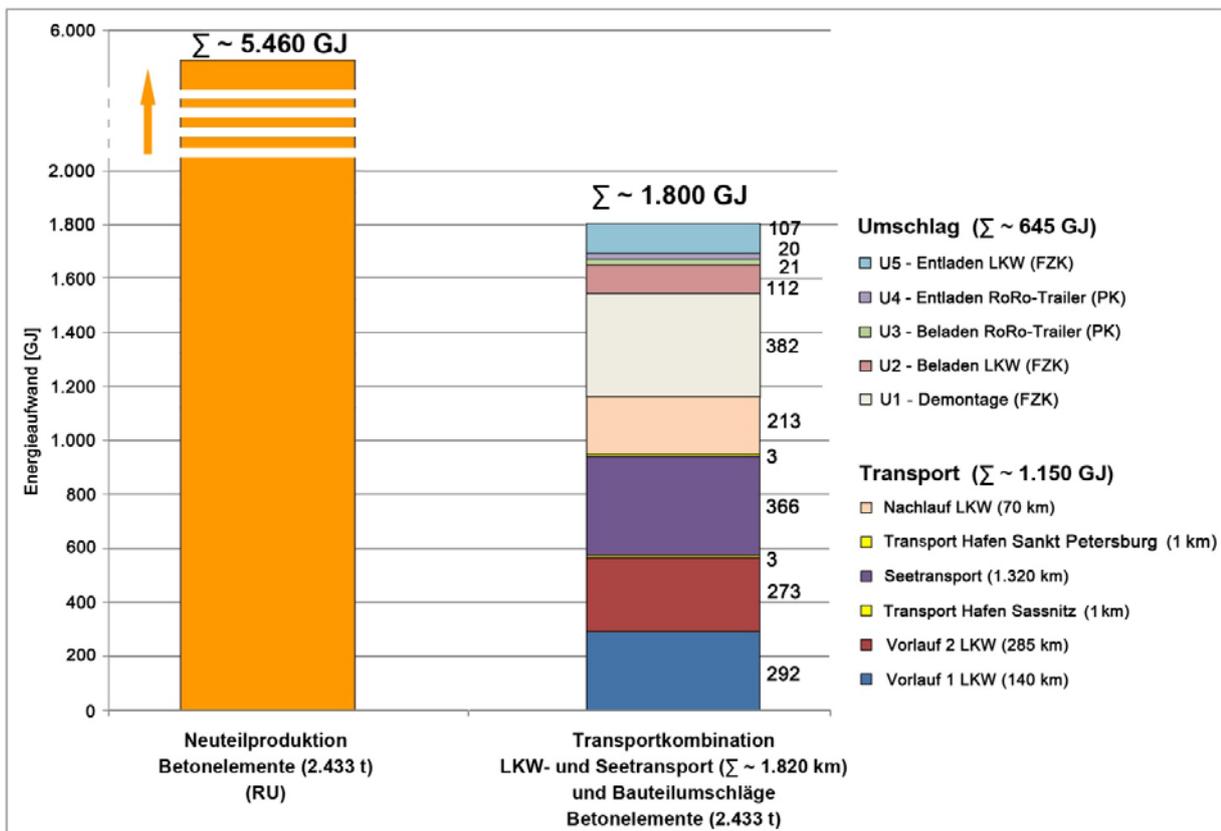


Abb. 17: Gegenüberstellung Energieaufwand Betonerteilbereitstellung (RU) / Transport und Umschlag Betonelemente (2.433 t)

Die sich aus dem Energieaufwand abgeleiteten Emissionen sind in Abb. 18 dargelegt. Die Emissionsbetrachtungen beziehen sich dabei ausschließlich auf die Analyse atmosphärisch relevanter Stoffe (CO₂, SO₂, NO_x), welche beim Bauteiltransport und -umschlag aufgrund der Energieaufwände für das Pilotprojekt freigesetzt werden. Diese ermittelten Emissionswerte werden den Umweltbelastungen, die sich aus der Neuteilproduktion ergeben, gegenübergestellt.

Der CO₂-Ausstoß vermindert sich infolge der Wiederverwendung von 658 BE (2.433 t) bei diesem Projekt um ~ 832 t (~ 87 %). Anstatt 959 t CO₂-Ausstoß werden (nur) rd. 127 t emittiert. Die CO₂-Emissionswerte der Neuteilproduktion sind etwa 7,5-mal höher im Vergleich zu den TUL-Prozessen des Pilotvorhabens.

Die SO₂-Emissionswerte der Neuteilproduktion betragen mit 1.960 kg etwa das 3-fache gegenüber der Wiederverwendung mit 595 kg.

An NO_x-Emissionen fallen bei der Herstellung neuer Betonbauteile 1.470 kg an. Dies entspricht dem 1,5-fachen der emittierten NO_x-Werte (890 kg) für die geplante Wiederverwendungsmaßnahme.

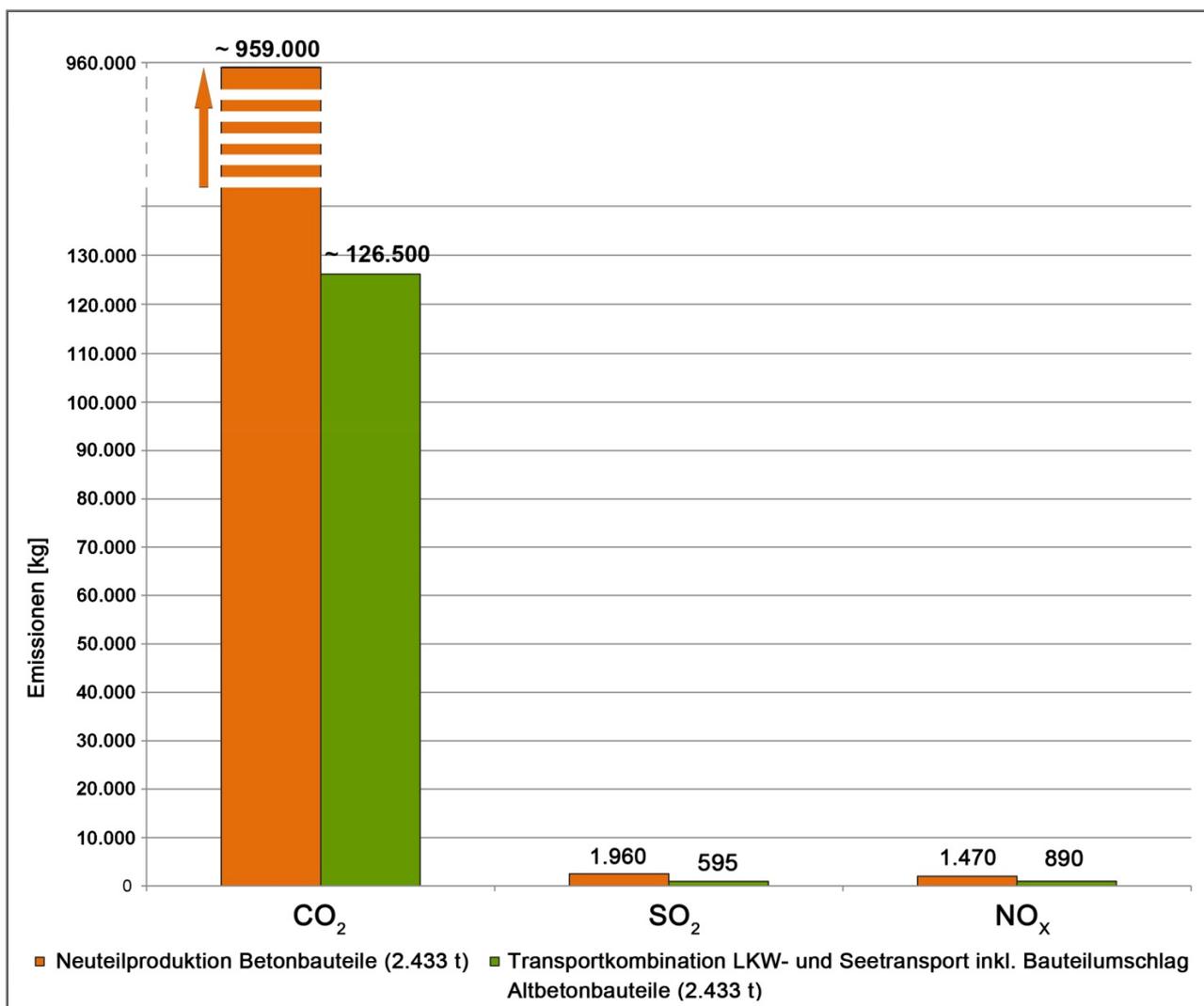


Abb. 18: Gegenüberstellung atmosphärisch relevanter Emissionen der Neuteilproduktion und der Transportkombination LKW- und Seetransport für die Bereitstellung von 2.433 t Betonbauteilen

6.2 Neubau eines MFH in Russland, Standort Lodejnoje Pole

6.2.1 Einleitende Bemerkungen und Vorgaben

Veränderte Angaben seitens der russischen Projektpartner⁵⁹ zum geplanten Pilotprojekt gaben den Anlass, in Vorbereitung der Umsetzung, gegenüber der ursprünglich entwickelten Entwurfsvariante am Standort Nevskaja Dubrovka⁶⁰, Kreis Vsevoloshsk, eine neue Entwurfsvariante für ein Mehrfamilienhaus, nun am Baustandort Lodejnoje Pole im Leningrader Gebiet, zu erarbeiten. Aufgrund der sich geänderten Grundstücks- und Objektgröße musste das bis dahin geplante Bauvorhaben (Bau eines 3-geschossigen Wohngebäudes mit 5 Eingängen) überarbeitet werden. Die FG Bauliches Recycling entwickelte unter Beachtung der o.a. Restriktionen ein 3-geschossiges, nicht unterkellertes MFH.

Seitens der russischen Projektpartner, vertreten durch Herrn Nikiforov, wurden folgende Vorgaben übermittelt: Dieses 3-geschossige Wohngebäude soll eine Gesamtfläche über alle 3 Etagen von ca. 1.900 m² bzw. ca. 635 m² / Etage aufweisen. Das Angebot der Wohnungen soll von 1- bis 3-Raum-Wohnungen reichen, wobei die durchschnittlichen Wohnraumgrößen für:

- 1-Raum-Wohnung: 40 m²,
- 2-Raum-Wohnung: 60 m²,
- 3-Raum-Wohnung: 80 m²

betragen sollen. Bezogen auf die Etagen sollen sich die Wohnungen wie folgt verteilen:

- Erdgeschoss (EG): ausschließlich 1-Raum-WE,
- Obergeschoss (1. OG): 1- und 2-Raum-WE,
- Obergeschoss (2. OG): 2- und 3-Raum-WE oder 1- und 3-Raum-WE.

In den Treppenhäusern sollen Abstellflächen vorgesehen werden für z.B. Kinderwagen.

Übermittelt wurden zwei Lagepläne (s. Abb. 19, Abb. 21), woraus das Baugrundstück annähernd ersichtlich ist. Die rot markierten Linien sind von der FG Bauliches Recycling vorgenommen worden, um die Grundstücksfläche zu kennzeichnen.

⁵⁹ E-Mail von Herrn Michael Nikiforov vom 31.10.2011.

⁶⁰ Mettke, A. et.al.: Ökonomische und ökologische Bilanzierung des Transportes von Betonplattenbauteilen aus dem Rückbau von Wohnbauten in Länder Osteuropas und dortige Wiederverwendung beim Neubau von Wohngebäuden, Zwischenbericht zum FO-Projekt, Teil B, S. 3 ff., FG Bauliches Recycling, BTU Cottbus, 2011.



Abb. 19: Baugrundstück, M 1: 4000⁶¹



Abb. 20: Luftbild, M 1:2000⁶²

Unter Zugrundelegung der Angaben zum neuen Baustandort und des Lageplanes wurde festgelegt, dass anstelle der ursprünglichen Idee eines langgestreckten Baukörpers aufgrund der örtlichen Gegebenheiten der Liegenschaft die Vorgaben zum Gebäude nur mittels einer Eckbebauung realisiert werden können. Ein Vorschlag ist der Abb. 21 re. entnehmbar.

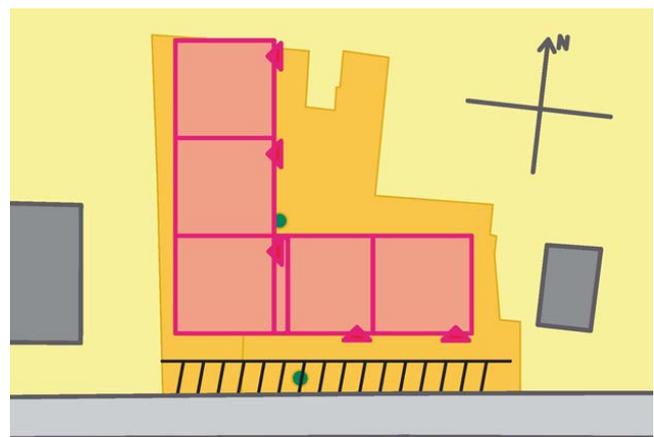


Abb. 21: Lageplan, M 1:1000⁶³ (li.), Vorschlag zum Gebäudestandort, M 1:1000 (re.)

⁶¹ <http://www.maps.yandex>.

⁶² ebenda.

⁶³ Plangrundlagen russische Projektpartner.

Um eine Vergleichbarkeit zu den vorhergehenden Untersuchungsergebnissen aus dem Teil I und den bisherigen Ausführungen im Teil II dieses Forschungsvorhabens zu gewährleisten, hielten es die Verfasser für sinnvoll, sich weiterhin bei der Wahl geeigneter Spendergebäude (Rückbau) bzw. des Elementesortiments auf die Typenserie WBS 70 zu konzentrieren.

Darüber hinaus wurde es für nützlich angesehen, potenzielle Spendergebäude im gleichen Einzugsbereich des Fährhafens Sassnitz (Mukran) bzw. des Hafens Rostock zu suchen und bisherige Kontakte an den Einzelstandorten, bspw. zu den Wohnungsunternehmen in Templin, zu nutzen.

6.2.2 Entwurfsvorschlag und Bedarf an Betonelementen zur Umsetzung

Die Basis für die Entwicklung des Entwurfs bildeten das standardisierte Bauelementsortiment der Typenserie WBS 70 aus dem / den potenziellen Spendergebäude(n) am Standort Templin (s. Pkt. 6.2.3).

Nachfolgend werden Grundrissvorschläge (Rohbauentwurf) unterbreitet und Ansichten dargestellt (Abb. 22 - Abb. 27). Hierbei wird etagenbezogen in Eckmodul und normales Modul unterschieden. Zur besseren Übersicht wurden die Wohnraumgrößen verschieden farblich markiert. Darüber hinaus werden Einrichtungsvarianten vorgeschlagen. In den Abb. 28 und Abb. 29 sind für den hier entwickelten Lösungsvorschlag der Deckenverlegeplan und der Wandplan für die tragenden Wände erarbeitet worden. Tab. 8 gibt schließlich einen gesamten Überblick zum Lösungsvorschlag unter Einbeziehung der Wohnraumgrößen und -flächen (Ist-Soll-Vergleich). Die Dachkonstruktion sollte als Satteldach ausgebildet werden. Die Vorschläge zur Einrichtung, zur Dachgestaltung wie auch zur farblichen Gestaltung der Fassade sind lediglich als Anregung zu verstehen.

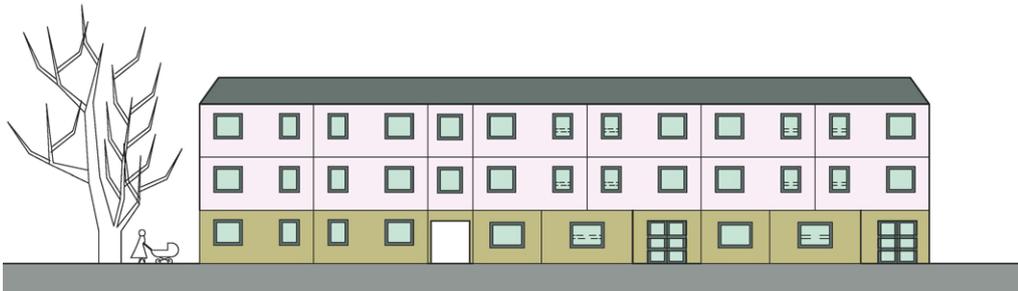


Abb. 22: Straßenansicht (M 1:400)



Abb. 23: Innenhofansicht (M 1:400)

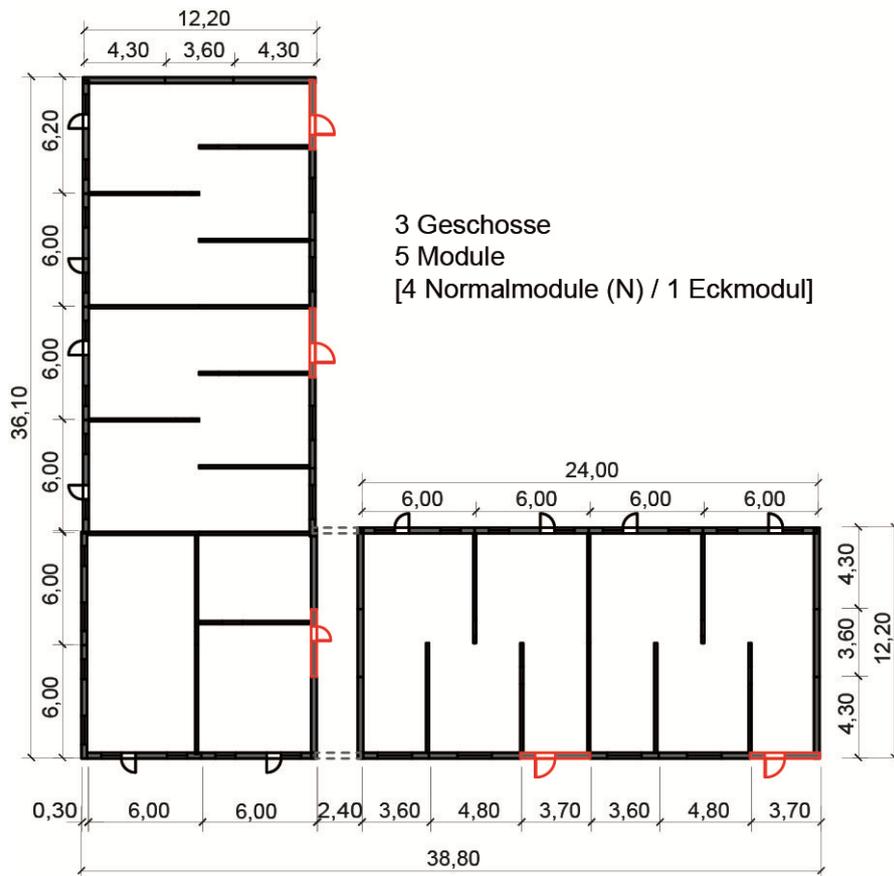


Abb. 24: Grundriss Erdgeschoss, tragende Wände (M 1:400)

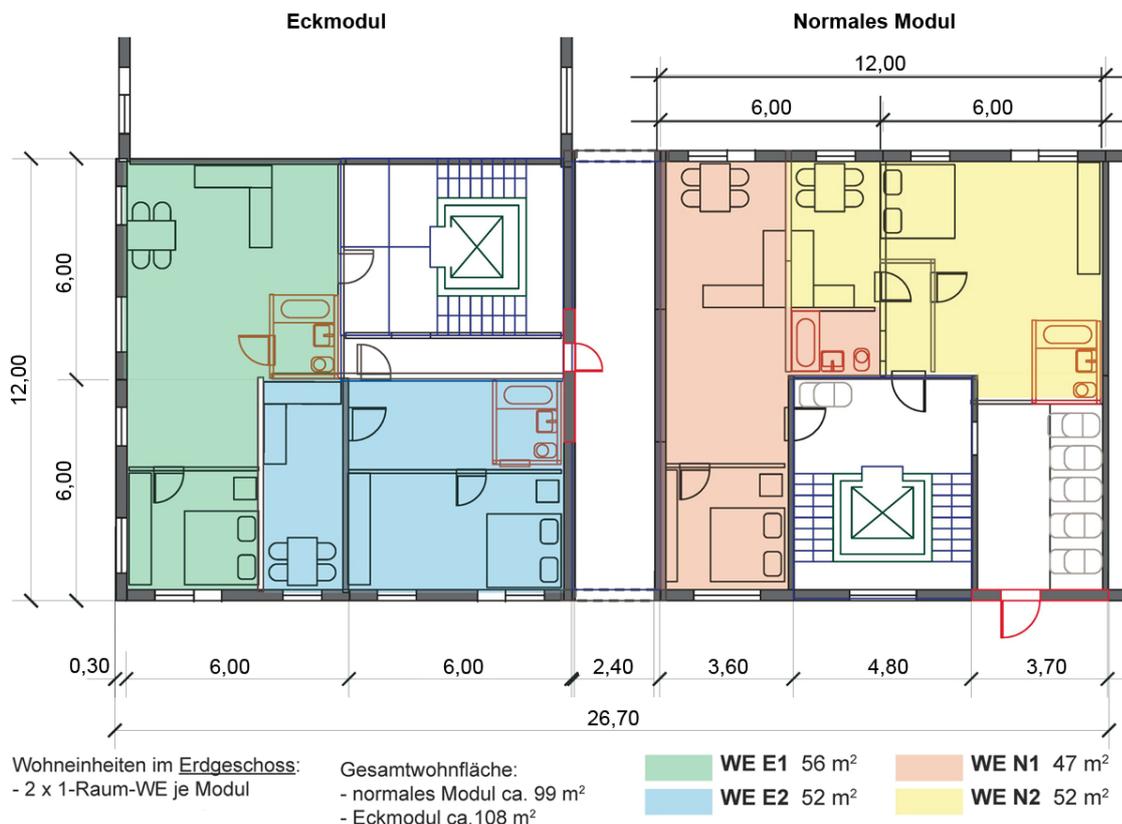


Abb. 25: Grundriss Erdgeschoss, Ausschnitt (M 1:200)

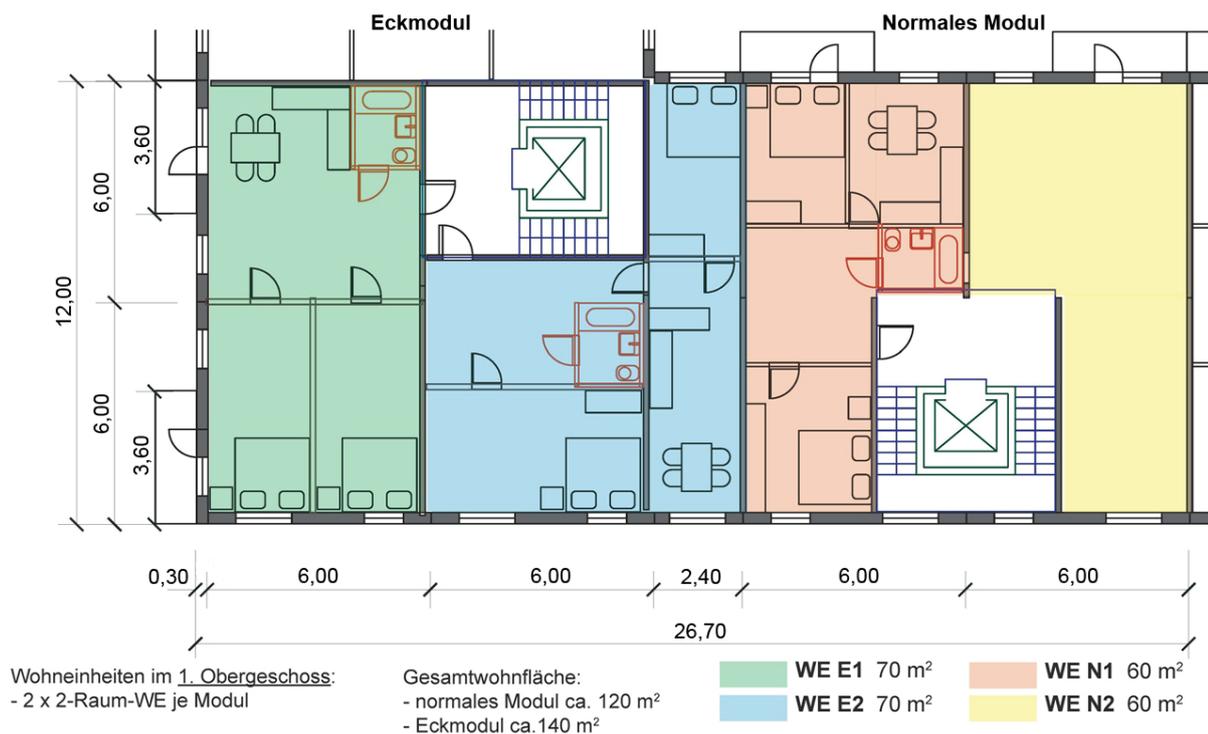


Abb. 26: Grundriss 1. Obergeschoss, Ausschnitt (M 1:200)

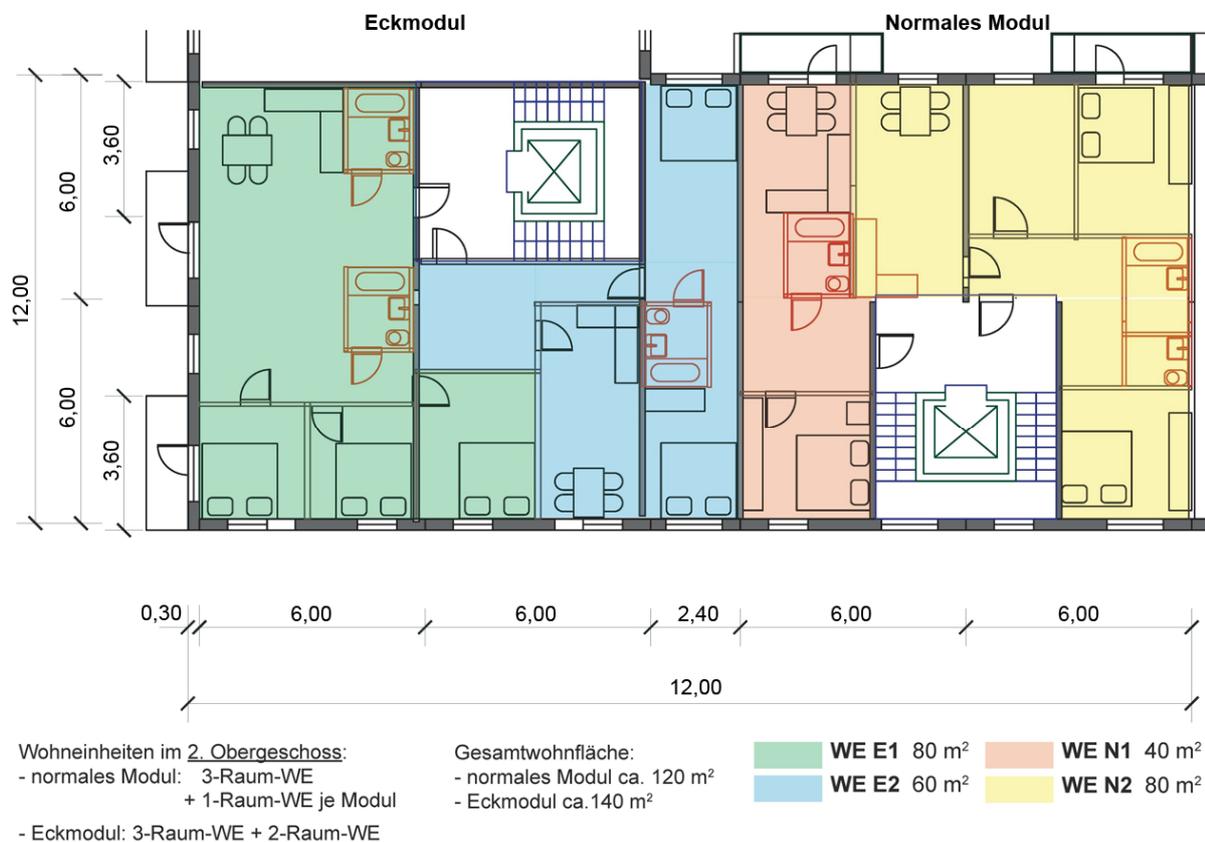


Abb. 27: Grundriss 2. Obergeschoss, Ausschnitt (M 1:200)

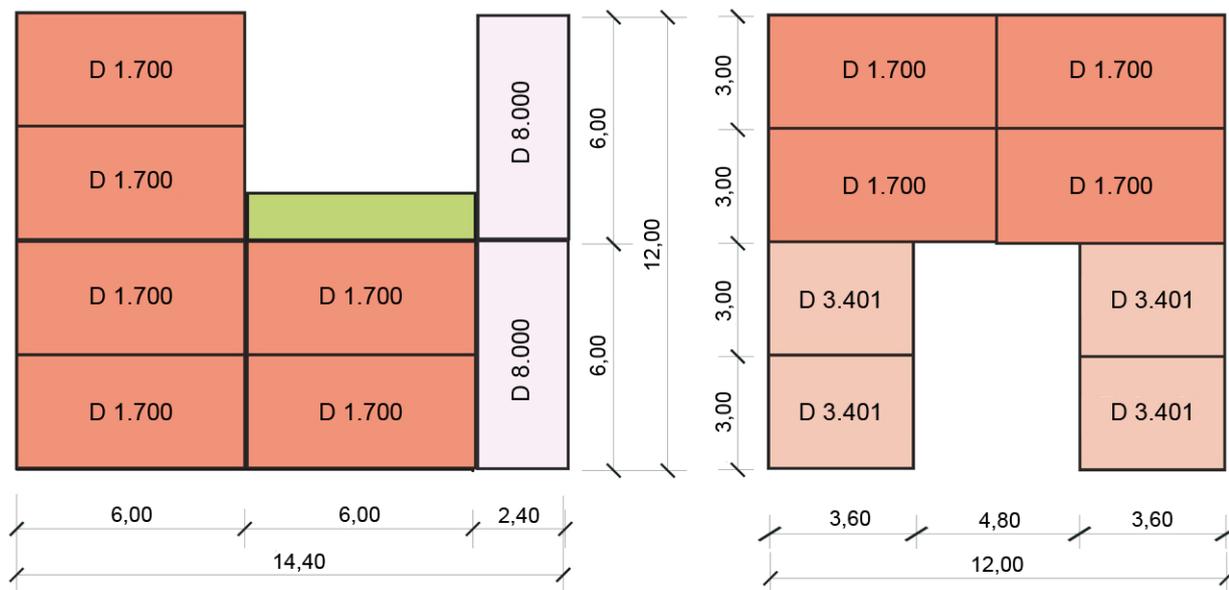


Abb. 28: Deckenverlegeplan über EG und 1. OG (M 1:200), Eckmodul (li.), normales Modul (re.)

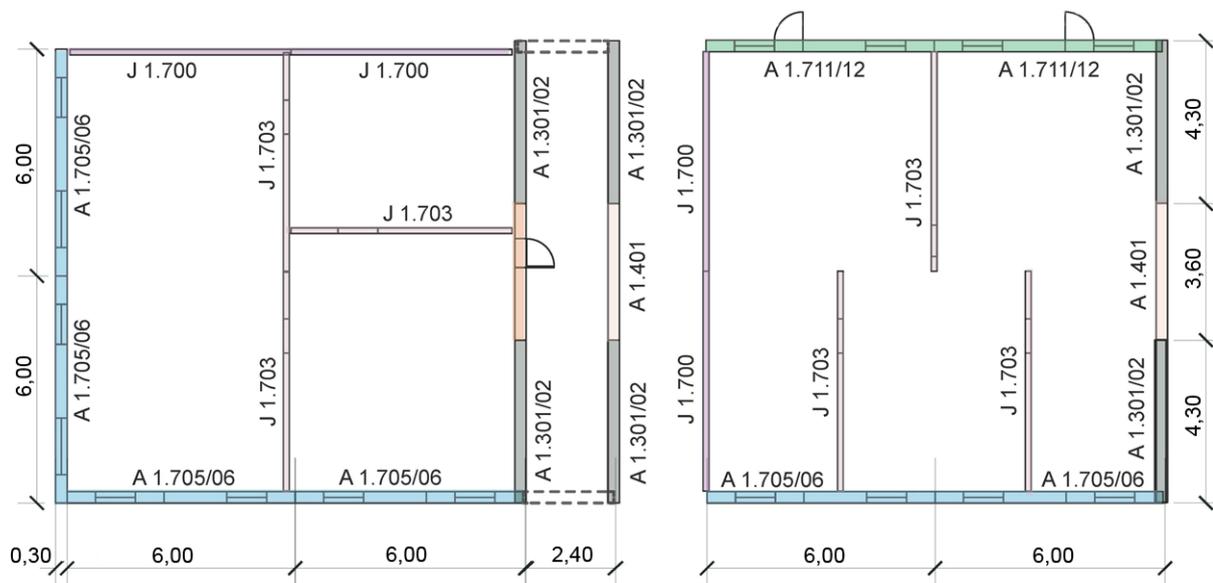


Abb. 29: Wandplan tragender Wände (M 1:200), EG Eckmodul (li.), 1. und 2. OG normales Modul (re.)

Die hier vorgestellte Entwurfsvariante zeigt, dass die Vorgaben für den Bau des 3-geschossigen Mehrfamilienhauses umgesetzt werden können. Die Netto-Grundfläche beträgt 2.150 m² (gefordert werden ca. 1.900 m²). Angeboten werden können 10 1-Raum-Wohnungen, 10 2-Raum-Wohnungen und 5 3-Raum-Wohnungen. Die 1-Raum-WE variieren zwischen 40 m², 47 m², 52 m² und 56 m². Die 2-Raum-WE sind etwa 60 m² oder 70 m², die 3-Raum-WE sind etwa 80 m² groß. Im Bereich der Treppenhäuser sind Abstellflächen inbegriffen.

Tab. 8: Gegenüberstellung Vorgaben Investoren und Entwurf Eckvariante zu Größe und Verteilung der Wohnungen

Anforderungen (Investor)		Lösungsvorschlag MFH Eckvariante					
Etage	Größe WE	Anzahl WE		Wohneinheit / Fläche	Gesamtwohnfläche	Erschließungsfläche	Etagenfläche
		Σ					
EG	1-Raum-WE (~ 40 m ²)	10	4	1-Raum-WE (47 m ²)	~ 504 m ²	~ 132 m ²	~ 636 m ²
			5	1-Raum-WE (52 m ²)			
			1	1-Raum-WE (56 m ²)			
1. OG	1-Raum-WE (~ 40 m ²) + 2-Raum-WE (~ 60 m ²)	10	8	2-Raum-WE (60 m ²)	~ 620 m ²	~ 135 m ²	~ 755 m ²
			2	2-Raum-WE (70 m ²)			
2. OG	1-Raum-WE (~ 40 m ²) + 3-Raum-WE (~ 80 m ²) <u>oder</u> 2-Raum-WE (~ 60 m ²) + 3-Raum-WE (~ 80 m ²)	10	4	1-Raum-WE (40 m ²)	~ 620 m ²	~ 135 m ²	~ 755 m ²
			1	2-Raum-WE (60 m ²)			
			5	3-Raum-WE (80 m ²)			
Netto-Grundfläche: ~ 1.900 m² Etagenfläche: ~ 635 m²		30			~ 1.744 m²	~ 402 m²	Gesamtfläche Σ ~ 2.150 m²

Die Auswahl an Betonelementen zur Wiederverwendung beschränkt sich auf das Außenwand-, Innenwand- und Deckenplattensortiment sowie Treppenbauteile aus dem / den Spendergebäude(n) der Typenserie WBS 70 in Templin (s. Pkt. 6.2.3).

Unter Zugrundelegung der Standardlösungen und des -sortiments der WBS 70 werden für den Gebäudeentwurf des 3-geschossigen **Mehrfamilienhauses** insgesamt **309 Betonelemente** für den Rohbau benötigt.

Erforderlich werden: 122 Deckenelemente,
 91 Außenwände,
 76 Innenwände,
 20 Treppenelemente.

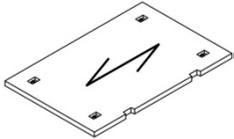
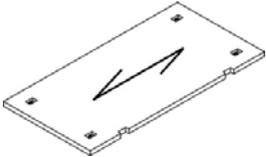
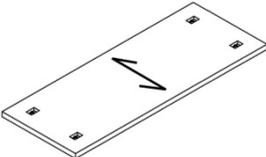
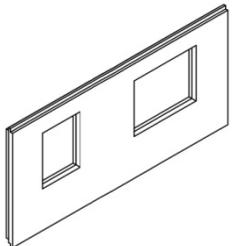
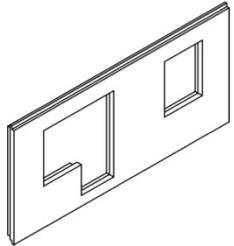
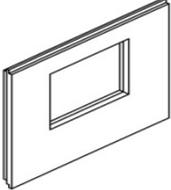
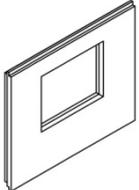
Die **Gesamtmasse** der **309 BE** beträgt in Summe **rd. 1.480 t** (s. Tab. 9).

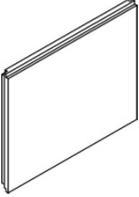
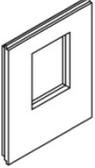
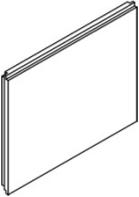
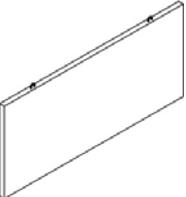
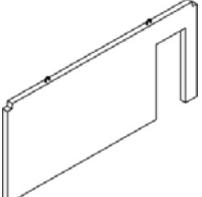
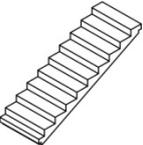
In der nachfolgenden Auflistung (Tab. 9) wurden die einzelnen Bauteile mit Elementenummern analog den Bezeichnungen der Elementedatenblätter⁶⁴ versehen. Isometrische Darstellungen untersetzen dabei die geometrischen- und Gewichtsangaben der gewählten Bauelemente.

Sofern aus Datenblättern keine Angaben bspw. zur Einzelmasse der Betonelemente entnommen werden konnten, sind die Elementedaten (Maße), die jeweilige Einzelmasse des Elementes anhand vergleichbarer Betonelemente z.T. Daten anderer typisierter Gebäude übernommen und überschläglich angegeben.

⁶⁴ Elementedatenblätter WBS 70, VEB(B) WBK Neubrandenburg, KB Projektierung, Einzelsortimente 1978 – 1986.

Tab. 9: Übersicht benötigter 309 Betonelemente der Typenserie WBS 70 (Entwurf 2014)

Isometrie	Betonelement	Elem.-Nr.	Anzahl	Maße [m]	Masse [t]	
					je BE	Σ BE
Deckenelemente			Σ 122			Σ 572,30
	Deckenplatte	D 3.401	48	3,58 x 2,98 x 0,14	3,35	160,80
	Deckenplatte	D 1.700 (DP 20000)	68	5,98 x 2,98 x 0,14	5,65	384,20
	Deckenplatte (Mittelgang)	D 8.000	6	5,98 x 2,38 x 0,14	4,55	27,30
Außenwandelemente			Σ 91			Σ 489,40
	Außenwand (2 Fenster)	A 1.705/06 (AW 40418/ 40419)	32	5,98 x 2,86 ⁵ x 0,26	5,80	185,60
	Außenwand (Balkontür)	A 1.711/12 (AW 40448/ 40449)	24	5,98 x 2,86 ⁵ x 0,26	5,65	135,60
	Außenwand (mit Fenster)	A 1.503	4	4,78 x 2,86 ⁵ x 0,26	4,60	18,40
	Außenwand (mit Fenster)	A 1.404	4	3,58 x 2,86 ⁵ x 0,26	3,30	13,20

	Außenwand (ohne Fenster) Giebel	A 1.401	7	3,58 x 2,86 ⁵ x 0,26	4,80	33,60
	Außenwand (mit Fenster)	A 1.208	4	2,38 x 2,86 ⁵ x 0,26	2,23	8,90
	Außenwand (ohne Fenster) Giebel	A 1.301/02	16	4,38 ⁵ x 2,86 ⁵ x 0,26	5,88	94,10
Innenwandelemente			∑ 76			∑ 385,90
	Innenwand	J 1.700 (IW 50500)	28	5,81 x 2,63 x 0,15	5,45	152,60
	Innenwand (mit Tür)	J 1.703 / J 1.706 (IW 50501)	48	5,81 x 2,63 x 0,15	4,86	233,30
Treppenelemente			∑ 20			∑ 30,0
	Treppenstufenelement	NL L.1 (TS 30000)	20	2,84 x 1,08 x 0,19	1,50	30,0

Neben der geplanten Wiederverwendung von 309 Betonelementen der WBS 70 im Entwurf für den Bau des 3-gesch. MFH werden neue BE als Ergänzungselemente erforderlich (s. Tab. 10). Da der Entwurf den Einbau von Aufzügen in den Treppenhäusern vorsieht und entsprechend größer die Erschließungsfläche wird, betrifft dies die Treppenpodeste. Zudem werden für die Ecklösung zwei neue Deckenplatten und ggf. fünf Wandelemente für die Hauseingangsbereiche im Erdgeschoss notwendig. Für letztere Elemente könnten ggf. auch 3,60 m breite WBS 70-Außenwände mit Fensteröffnung verbaut werden, jedoch müsste hier der Brüstungsbereich durch Betonsägen entfernt werden. Eine weitere Möglichkeit wäre hier, individuellen Gestaltungswünschen folgend, eine Ausführung mit konventionellem Mauerwerk.

Tab. 10: Übersicht Bedarf neu herzustellender Betonbauteile für den Rohbau des entworfenen 3-gesch. MFH

Betonelement	Anzahl	Maße [m]	Masse	
			je BE [t]	∑ BE [t]
Außenwand (mit Hauseingangstüröffnung)	5	3,60 x 2,86 ⁵ x 0,26	~ 2,70	13,50
Deckenplatte (Eckmodul)	2	6,00 x 1,30 x 0,14	~ 2,40	4,80
Treppenpodest	15	1,10 x 4,78 x 0,19	~ 2,20	33,00
Treppenpodest	15	2,60 x 4,78 x 0,19	~ 2,40	35,50
	∑ 47			∑ ~ 87 t
* Ansatz: Dichte $\rho \approx 2,2 \text{ t/m}^3$				

6.2.3 Auswahl Spendergebäude

Im Zuge der Entwurfsvorbereitung für die (Wieder-)Neubaumaßnahme in Lodejnoje Pole wurde im Rahmen einer Akquise ein vergleichbares Spendergebäude der Typenserie WBS 70 hinsichtlich des verfügbaren und erforderlichen Bauteilsortiments bewertet. Es handelt sich um ein 6-geschossiges Wohngebäude der Typenserie WBS 70 mit Mittelgangerschließung (Projekt WBK Neubrandenburg) am Standort Templin in der Strahl-Goder-Straße 19 (Abb. 30); einem Wohnblock mit überwiegend 1-Raum-Wohnungen. Die Planungen sehen vor, eine Geschossreduzierung um die beiden oberen Etagen sowie aller Loggien am Gebäude im Zeitraum 2011 / 2012 vorzunehmen.

Im November 2010 konnten sich im Rahmen einer Objektbegehung die russischen Projektpartner selbst ein Bild von diesem potenziellen Spendergebäude wie auch zwei weiterer WBS 70-Wohngebäude, welche ebenso für (Teil)Rückbaumaßnahmen vorgesehen waren, machen.



Abb. 30: Spendergebäude der Typenserie WBS 70 mit Mittelgangerschließung (Templin)

Eine Objektbegehung und die Analyse von Projektierungsunterlagen ergaben ein verfügbares Sortiment von insgesamt 357 Betonelementen (Σ Masse BE: rd. 1.280 t) - davon 80 Deckenplatten, 62 Innen-, 54 Außenwände, 21 Drempel-, 20 Treppen- und 130 Loggiaelemente.

Der Vergleich der verfügbaren und erforderlichen Einzelsortimente zeigt, dass durch den Teilrückbau dieses einzelnen Wohngebäudes der veranschlagte Elementebedarf für das Vorhaben (3-gesch. MFH) nicht gedeckt wird. Das Defizit umfasst: 42 Deckenplatten, 37 Außenwände und 14 Innenwände.

Somit wurde wie bereits schon in vorhergehenden Untersuchungen dieses Forschungsprojektes schnell offenkundig, dass mehrere Teilrückbauvorhaben als potenzielle Spendergebäude heranzuziehen sind,

Um die benötigten Einzelsortimente (AW, IW, D, Treppenelemente) in einer Gesamtzahl von 309 BE bereitstellen zu können, ist ein weiteres Spendergebäude zu akquirieren.

6.2.4 Transportkonzeption

Analog zu dem geplanten Wiederverwendungsprojekt in Nevskaja Dubrovka (s. Pkt. 6.1) wird auch hier die Vorzugsvariante für den Bauteiltransport in der Kombination aus Landtransport per LKW / Sattelzug (Vor- und Nachlauf) und Seetransport von Deutschland nach Sankt Petersburg (Skizzierung Transportkonzeption s. Abb. 12) gewählt. D.h. zu betrachten sind die Aufwendungen für die Verkehrsträger Straßenverkehrsnetz und Hochsee.

Als Hafen in Deutschland wird nach aktueller Rücksprache mit dem in Frage kommenden Logistikunternehmen für den Seetransport der Hafen Lübeck (Travemünde) zurzeit favorisiert. Auch dieser Hafen verfügt, neben Rostock und Sassnitz, über reguläre Fährverbindungen nach Sankt Petersburg. Der Hafen Lübeck (Travemünde) übernimmt derzeit, in Abhängigkeit des laufenden und zu erwartenden Hauptfrachtaufkommens des involvierten Logistikunternehmens, den Direkttransport auf dem Seeweg nach Sankt Petersburg.

Geplant ist, die Betonelemente per LKW, Innenlader oder Sattelzug, von der Demontagebaustelle – vorzugsweise ohne Zwischenlagerung – direkt zum Hafen zu fahren. Dort sind die Betonelemente auf Rolltrailer zu beladen, zu sichern und auf die Fähre zu verbringen.

Nach Ankunft im Zielhafen Sankt Petersburg sind die Betonbauteile per LKW über eine Strecke von 230 km bis zur (Re)Montagebaustelle in Lodejnoje Pole zu transportieren.

In den folgenden Kapiteln werden die Eckdaten zum Transportaufwand der 309 Betonelemente der Typenserie WBS 70 in der gewählten Vorzugsvariante aus LKW-Transport (Vor- und Nachlauf) und Seetransport (Fähre) dargestellt. Betrachtet wird der Aufwand ab der Demontagebaustelle bis zur (Re)Montagebaustelle in Lodejnoje Pole.

In der Transportkonzeption ist im Vergleich zum betrachteten Bauteiltransport nach Nevskaja Dubrovka (vgl. Pkt. 6.1) insofern eine Anpassung notwendig, da hier 3,00 m breite Deckenplatten transportiert werden sollen. Entsprechend ist das Beladungskonzept beim LKW-Transport wie auch bei der Beladung der RoRo-Trailer auf eine Überbreite der Deckenplatten abzustimmen.

6.2.4.1 LKW-Transport

Unter dem Ansatz, dass pro Fahrzeug ein maximal zulässiges Ladegewicht von 20 bis 24 t pro Fahrzeug zugrunde gelegt wird, ergeben sich hochgerechnet auf die erforderliche Betonelementeanzahl (309 BE) etwa **70 LKW-Fahrten** vom Spendergebäude bis zum Hafen Lübeck (Vorlauf). Gleiches trifft zu für die LKW-Fahrten vom Hafen Sankt Petersburg bis zur (Re)Montagebaustelle (Nachlauf).

In jedem Fall ist die Überbreite der LKW-Ladung beim Transport der 3,00 m breiten Deckenplatten zu berücksichtigen. Gemäß den gesetzlichen Transportbestimmungen ist festgelegt, dass für den Bauteiltransport dieser 3,00 m breiten Betonbauteile per LKW-Sattelzug eine Ausnahme-/Sondergenehmigung wegen Überbreite (Breite der Ladung > 2,55 m) vorliegen muss. Die Anzahl der nötigen LKW-Touren (Vorlauf) mit Überbreite liegt bei diesem Transportaufkommen bei 25 Touren:

6.2.4.2 Seetransport und Beladungskonzept

In der Konzeption zum Seetransport der 309 Betonelemente wird auf die ebenfalls im Hafen Lübeck zur Verfügung stehenden, einheitlichen 40'RoRo-Trailer⁶⁵ (Länge: 12,0 m; Breite: 2,50 m) zurückgegriffen. Je nach Ausführungsart ist eine Zuladung bis zu 60 t bzw. 95 t möglich.

Im Sinne einer optimalen Auslastung der Rolltrailer wurden mehrere Beladungsvarianten betrachtet. Die Verladung und der Transport der Betonbauteile erfolgt dabei grundsätzlich in Einbaulage. Die Anzahl der gestapelten Betonelemente wird dabei durch die jeweilige maximale Zuladung des Rolltrailers begrenzt. Berücksichtigt wurden die Vorgaben zur Beladung mit Betonelementen aus Sicht des Beförderers (Überbreite, Überlänge, Ladungssicherung, Anschlagmöglichkeiten etc.) sowie aus bautechnischer Sicht (Einbaulage, Zwischenhölzer etc.).

Der Transport von senkrecht zu transportierenden Wandelementen auf dem Seeweg sieht grundsätzlich den Einsatz spezieller Transportgestelle vor. Analog des in Anlage 2.1 – 2.5 dargestellten Beladungskonzepts für den Bauteiltransport nach Sankt Petersburg ist hier das hier gewählte Sortiment an Innen- und Außenwänden entsprechend neu zu sortieren. Die hier vorgeschlagene Transportkonzeption für schmale Deckenplatten mit einer Breite < 2,50 m sowie von ebenfalls liegend zu transportierenden Sonderelementen (Treppenstufenelemente) ist auch auf die Transporte der Betonelemente für das Projekt in Lodejnoje Pole übertragbar.

Hingegen hat die Wahl der 3,00 m breiten Deckenplatten eine Ladungsüberbreite der RoRo-Trailer zur Folge (< 2,50 m Ladungsbreite Trailer). Dies ist im Beladungskonzept zu beachten, da hierfür der Logistiker einen Überbreitenzuschlag erhebt (vgl. Pkt. 6.2.5).

Beispielhaft ist in Abb. 31 ein Beladungskonzept eines 12,0 m langen 40'RoRo-Trailers mit 16 Deckenplatten (Breite: 3,00 m, Länge: 6,00 m) skizziert.

⁶⁵ (ft) = Fuß (engl. foot); 1 ft = 0,3048 m; 40 ft ≈ 12,0 m.

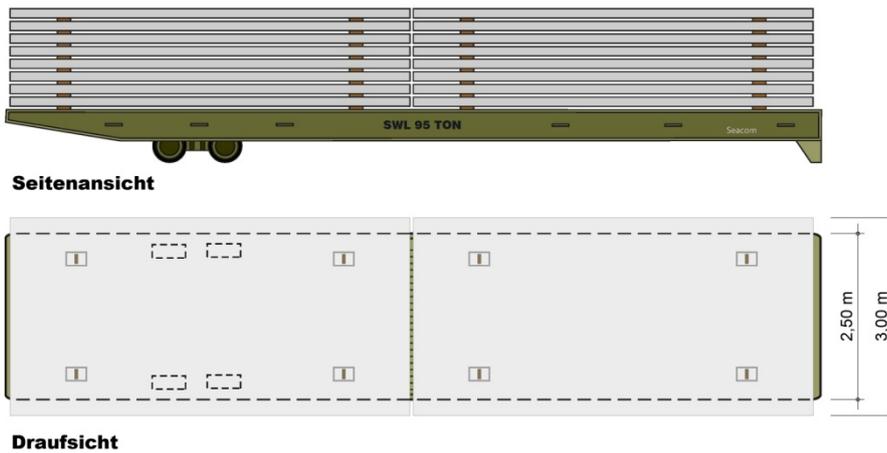


Abb. 31: Beladungskonzept 40'RoRo-Trailers (95 t) mit 16 Deckenplatten (B x L: 3,00 m x 6,00 m), Darstellung ohne Ladungssicherung

Der Seetransport kann je nach Verfügbarkeit der Elemente in einem – wie zuvor empfohlen – oder mehreren Lot(s) erfolgen. Insgesamt werden **21 RoRo-Trailer** (40') benötigt, davon:

- 5 RoRo-Trailer mit einer maximalen Zuladung von 95 t (MA40-95t),
- 16 RoRo-Trailer mit einer maximalen Zuladung von 60 t (MA40-60t).

6.2.5 Kosten Transporte, Umschläge und Zwischenlager

An Anlehnung an die Ausführungen in Pkt. 6.1.4 bildet wiederum die Grundlage nachfolgender Kostenbetrachtung eine realitätsgerechte Kalkulation der zu erwartenden Transport- und Umschlagskosten für die Betonelemente der hier gewählten Kombination aus Seetransport und Vor- / Nachläufen per LKW.

Neben den rein technisch und logistisch zu lösenden Fragestellungen sind erneut z.T. aktuelle Angebote zu Transporttarifen bei Transport- und Logistikunternehmen eingeholt worden.

Die wiederholte Transportkostenabfrage zum Schiffstransport bei einem deutschen, im Hafen Lübeck agierenden Logistikunternehmen⁶⁶ ergab geänderte Transporttarife für den Seetransport nach Sankt Petersburg. Die Verfügbarkeit an 40'RoRo-Trailer mit maximal möglicher Beladung von 60 t und 95 t ist gegeben. Die nachfolgende Kostenkalkulation zum Seetransport (s. Pkt. 6.1.4.2 ff.) basiert daher auf den Kostenwerten des im Fährhafen Lübeck ansässigen Logistikunternehmens⁶⁷.

Da für dieses Projekt eine verminderte Anzahl und ein ausgewähltes Sortiment an Betonelementen für eine Wiederverwendung berücksichtigt werden, ist eine Überarbeitung der einzelnen Kostenbausteine notwendig.

⁶⁶ Angebotsabfragen zum Seetransport von Betonfertigteilen Hafen Lübeck – Sankt Petersburg: Transportunternehmen A, vom 11.02.2014.

⁶⁷ ebenda.

Insbesondere ist bspw. die Ladungsüberbreite der RoRo-Trailer durch die gewählten 3,00 m breiten Deckenplatten in den Kosten des Seetransports zu berücksichtigen. Inwieweit für den LKW-Transport der 3,00 m breiten Deckenplatten durch den Spediteur zusätzlich ein Kostenaufschlag erhoben wird, ist im konkreten Fall zu berücksichtigen und einzukalkulieren.

6.2.5.1 Zusammensetzung der Transport- und Umschlagskosten

Die Transport- und Umschlagskosten (K_{TUL}) der betrachteten Überführungsvariante LKW – Seetransport – LKW vom Spendergebäude bis zur (Re)Montagebaustelle setzen sich wie folgt generell zusammen:

$$K_{TUL} = K_{VL} + K_{UA} + K_{LS} + K_{SF} + K_{TR} + K_{UB} + K_{AF} + K_{NL} (+ K_{Zoll}) \quad (\text{entspricht (1)})$$

Indizes:

- VL Vorlauf (LKW)
- UA Umschlag A (vom LKW auf Rolltrailer im deutschen Hafen)
- LS Ladungssicherung (RoRo-Trailer im deutschen Hafen)
- SF Seefracht (Kosten RoRo-Trailer auf Hochseefähre gemäß Kostenkalkulation)
- TR Tara Retour (Transportgestelle, Kosten je beladenen RoRo-Trailer)
- UB Umschlag B (vom RoRo-Trailer auf LKW im Hafen Sankt Petersburg)
- AF Abfertigungsgebühren im Zielhafen
- NL Nachlauf (LKW)

Ausgegangen wurde davon, dass die Kosten für die Bauteilumschläge auf der bzw. den Rückbaubaustelle(n) und der (Re)Montagebaustelle in den Leistungspaketen der Rückbau- bzw. Baufirma enthalten sind. Daher werden in der Kostenkalkulation nur die Umschläge in den beiden Häfen berücksichtigt (K_{UA} , K_{UB}).

Diese einzelnen Kostenpunkte werden auf der Grundlage aktueller und vorab eingeholter Transportangebote für den LKW- und Seetransport errechnet⁶⁸ und auf das zugrundegelegte Sortiment von 309 BE angepasst.

6.2.5.2 Übersicht zu Transporttarifen und -kosten

Die anzusetzenden Tarife für den Transport und den Umschlag der Betonelemente von der Rückbaustelle (Annahme: Standort Templin) über den Hafen Lübeck und den Hafen Sankt Petersburg bis hin zur (Re)Montagebaustelle in Lodejnoje Pole stellen den Stand der Kostenermittlung und -recherche zum Zeitpunkt der Untersuchungen des Bauteiltransports im Jahre 2013 / 2014 dar und sind in den nachstehenden Tab. 11 bis Tab. 13 zusammengestellt.

⁶⁸ vgl. Erläuterungen zu den Kostenpositionen in: Mettke, A. et.al.: Ökonomische und ökologische Bilanzierung des Transportes von Betonplattenbauteilen aus dem Rückbau von Wohnbauten in Deutschland in Länder Osteuropas und dortige Wiederverwendung beim Neubau von Wohngebäuden, Zwischenbericht zum FO-Projekt, Teil B – Wiederverwendung von Plattenbauteilen in einem Vorort von Sankt Petersburg, DBU-AZ 22286/02-23, 2011, S. 23 – 26.

Für die Strecke Templin – Hafen Lübeck (Travemünde) wird eine Transportentfernung von 250 km, für die Strecke Hafen Sankt Petersburg – Lodejnoje Pole eine Entfernung von 230 km veranschlagt. Dabei werden die von der FG Bauliches Recycling im Jahre 2007 bzw. 2010 ermittelten LKW-Transportkosten für den Betonelementetransport als Grundlage für die Kostenermittlung verwendet⁶⁹ und mittels des Erzeugerpreisindex für den Straßengüterverkehr⁷⁰ für das Betrachtungsjahr 2013 preisbereinigt in €/t bzw. €/m² in Abhängigkeit der Transportentfernung angegeben (s. Tab. 11 und Tab. 12).

Tab. 11: Ermittlung LKW-Transportkosten Templin – Hafen Lübeck-Travemünde (Vorlauf)

LKW-Transportkosten für WBS 70-Betonbauteile (Angebotsjahr 2007) / Transportentfernung 250 km		
Elementesortiment	Kosten je t und km [€/t*km]	Kosten je m² und km [€/m ² *km]
WBS 70-Betonelemente (Mittelwert)	0,12	0,04

Tab. 12: LKW-Transportkosten (Templin – Hafen Lübeck-Travemünde / Sankt Petersburg – Lodejnoje Pole)

		WBS 70-Betonelemente	
Jahr	Preisindex Straßengüterverkehr über 150 km	Kosten je t und km [€/t*km]	Kosten je m² und km [€/m ² *km]
III. Quartal 2007	97,6	0,12	0,04
III. Quartal 2013	106,4	0,13082	0,043607

Für die Transportentfernung im **Vorlauf** auf der Straße von **250 km** (Templin – Hafen Lübeck-Travemünde) ergeben sich somit Kosten für den **LKW-Transport** der Betonelemente **32,70 €/t** bzw. **10,90 €/m²**.

Die Transportentfernung für den LKW-Nachlauf (Hafen Sankt Petersburg - Lodejnoje Pole) entspricht mit 230 km etwa der Entfernung von 250 km für den Vorlauf in Deutschland. Da bereits der im Zwischenbericht des Projektes im Teil B⁷¹ seitens der russischen Partner ermittelte Transporttarif für den Bauteiltransport von

⁶⁹ Mettke, A. et.al.: Ökonomische und ökologische Bilanzierung des Transportes von Betonplattenbauteilen aus dem Rückbau von Wohnbauten in Deutschland in Länder Osteuropas und dortige Wiederverwendung beim Neubau von Wohngebäuden, Zwischenbericht zum FO-Projekt, Teil B – Wiederverwendung von Plattenbauteilen in einem Vorort von Sankt Petersburg, DBU-AZ 22286/02-23, 2011, S. 23 – 27; Mettke, A. et.al.: Wiederverwendung von Plattenbauteilen in Osteuropa. Endbericht – Bearbeitungsphase I, FO-Vorhaben DBU-AZ 22286-23, BTU Cottbus, 2008, S. 223, Tab. 100.

⁷⁰ Statistisches Bundesamt, Fachserie 17, Reihe 9.2: Preise, Preise & Preisindizes für Verkehr, 01/2014, S. 27.

⁷¹ Mettke, A. et.al.: Ökonomische und ökologische Bilanzierung des Transportes von Betonplattenbauteilen aus dem Rückbau von Wohnbauten in Deutschland in Länder Osteuropas und dortige Wiederverwendung beim Neubau von Wohngebäuden, Zwischenbericht zum FO-Projekt, Teil B – Wiederverwendung von Plattenbauteilen in einem Vorort von Sankt Petersburg, DBU-AZ 22286/02-23, 2011, S. 25.

15 €/t (hier: Strecke 70 km) annähernd mit den Vorlaufkosten von veranschlagten 14 €/t im Vorlauf (100 km) übereinstimmt, werden die LKW-Transportkosten ab Hafen Sankt Petersburg analog den in Tab. 12 angegebenen Werten im Nachlauf veranschlagt.

Es ergeben sich hieraus Kosten für den **LKW-Transport** der Betonelemente im **Nachlauf** über **230 km** (Hafen Sankt Petersburg - Lodejnoje Pole) in Höhe von **30 €/t** bzw. **10 €/m²**.

Die ermittelten Tarife für den Transport der Betonelemente von der Demontagebaustelle über den Fährhafen Lübeck und den Hafen Sankt Petersburg hin zur (Re)Montagebaustelle in Lodejnoje Pole sind in der nachstehenden Tab. 13 zusammengestellt.

Tab. 13: Zusammenfassung der zu veranschlagenden Transport- und Umschlagskosten der Betonelemente über den Hafen Lübeck nach Sankt Petersburg

Transportkosten (Abk.)	Maßnahme / Lagerung	Tarif [€]	pro Einheit	Bemerkungen
T _{VL}	Vorlauf (LKW)	32,70	pro t	für 250 km Transportentfernung
T _{UA}	Umschlag A (Hafen Lübeck)	60,00	pro Kollo (pro BE)	
		85,00	pro Transportgestell	Transportgestell für Wandtransport
T _{LS}	Ladungssicherung	0,00	pro MA40	entfällt (bereits im Umschlag A kalkulatorisch enthalten)
T _{SF}	Seefracht	1.444,00	pro MA40, max. 60 t	950,00 EUR/MA40 x 1,52 (BAF)
		1.805,00	pro MA40, max. 60 t mit Überbreite	950,00 EUR/MA40 x 1,52 (BAF) x 1,25 (Ü-Zuschlag)
		1.596,00	pro MA40, max. 95 t	1.050,00 EUR/MA40 x 1,52 (BAF)
		1.995,00	pro MA40, max. 95 t mit Überbreite	1.050,00 EUR/MA40 x 1,52 (BAF) x 1,25 (Ü-Zuschlag)
T _{TR}	Tara Retour	1.292,00	pro MA40	850,00 €/MA40 x 1,52 (BAF)
T _{UB}	Umschlag B	22,26	pro Kollo (pro BE)	30,48 USD/MA40 x 0,7302 EUR/USD
T _{AF}	Abfertigungsgebühren	56,00	pro MA40	65,00 USD/MA40 x 1,18 (MWSt) x 0,7302 USD/EUR
T _{NL}	Nachlauf (LKW)	30,00	pro t	für 230 km Transportentfernung
BAF = Bunkerzuschlag (52 %) / Ü-Zuschlag = Überbreitenzuschlag (25 %)				

6.2.5.3 Kalkulation der Transport- und Umschlagskosten für das gewählte Betonelementesortiment des Wiederverwendungsvorhabens

Anhand der in Pkt. 6.2.5.2 ermittelten Kostenkennwerte und dem BE-Sortiment für dieses Vorhaben (Tab. 9) lassen sich die Gesamttransport- und Umschlagskosten kalkulieren.

Die **Transport- und Umschlagskosten (K_{TUL})** für die insgesamt 309 Betonelemente belaufen sich bei einem angenommenen Vorlauf per LKW (250 km), dem Seetransport mittels RoRo-Fähre, dem Nachlauf per Lkw (230 km) und unter Berücksichtigung der Zollgebühren auf ca. **183.300 €** (s. Tab. 14 und Tab. 13).

Tab. 14: Kalkulation der Transport- und Umschlagskosten für das gewählte Betonelementesortiment

Maßnahme / Leistung	Tarif T	Einheit	Formel	Masse / Anzahl	Einheit	Summe
Vorlauf	32,70	€/t	$K_{VL} = T_{VL} \cdot m_{BE,gesamt}$	1.480	t	48.396,00 €
Umschlag A (Hafen Lübeck)	60,00	€/BE	$K_{UA} = T_{UA} \cdot m_{BE,gesamt}$	309	BE	18.540,00 €
	85,00	€/Gestell	$K_{UA} = T_{UA, Gestell} \cdot n_{Gestell,gesamt}$	26	Gestell	2.210,00 €
Seefracht für MA40-60t	1.444,00	€/MA40	$K_{SF,MA,60t} = T_{SF,MA,60t} \cdot n_{MA,60t}$	13	MA40	18.772,00 €
Seefracht für MA40-60t mit Überbreite	1.805,00	€/MA40	$K_{SF,MA,60t} = T_{SF,MA,60t} \cdot n_{MA,60t}$	3	MA40	5.415,00 €
Seefracht für MA40-95t mit Überbreite	1.995,00	€/MA40	$K_{SF,MA,95t} = T_{SF,MA,95t} \cdot n_{MA,95t}$	5	MA40	9.975,00 €
<i>Zollgebühren für 309 BE (Vorlauf mitgerechnet)*</i>						22.320,00 €
<i>Zollgebühren für 309 BE (Vorlauf nicht mitgerechnet)*</i>						16.420,00 €
Tara Retour (MA40)	1.292,00	€/MA40	$K_{TR} = T_{TR} \cdot k_{BAF} \cdot n_{MA}$	4	MA40	5.168,00 €
Umschlag B (Hafen Sankt Petersburg)	22,26	€/BE	$K_{UB} = T_{UB} \cdot n_{BE}$	309	BE	6.878,00 €
Abfertigungsgebühren	56,00	€/MA40	$K_{AF} = T_{AF} \cdot n_{MA}$	21	MA40	1.176,00 €
Nachlauf	30,00	€/t	$K_{NL} = T_{NL} \cdot m_{BE,gesamt}$	1.480	t	44.400,00 €
Gesamt (K_{TUL}): inkl. Zollgebühren (inkl. Vorlauf 250 km)					~	183.300 €
Gesamt (K_{TUL}): ohne Zollgebühren (inkl. Vorlauf 250 km)					~	160.930 €
Gesamt (K_{TUL}): inkl. Zollgebühren (ohne Vorlauf)					~	128.955 €
* sind im Zuge der Realisierung in Abhängigkeit des Sortiments zu aktualisieren						

Anzumerken ist, entgegen der Kostenbetrachtung beim Wiederverwendungsprojekt in Nevskaja Dubrovka (vgl. Pkt. 6.1.4.3), dass für die Transportkette der Bauteilwiederverwendung am Standort Lodejnoje Pole in der Kalkulation die Kosten für die Anschaffung / Leasing notwendiger Transportgestelle für den Transport

von Wandelementen nicht berücksichtigt sind, jedoch der finanzielle Aufwand für den Umschlag im Hafen Lübeck sowie für deren Rückführung (Tara Retour) zum Ausgangshafen. Bei letzterem Punkt werden die Transportgestelle in einem Paket bis zur max. Zuladung (60 t) eines RoRo-Trailers platzsparend (ggf. ineinander gestapelt) zusammengefasst. Für die Rückführung wird von 4 mit Transportgestellen beladenen RoRo-Trailern ausgegangen.

Setzt man nun die ermittelten **Transport- und Umschlagskosten K_{TUL}** von **183.300 € (inkl. Vorlauf und Zollgebühren)** ins Verhältnis zur Gesamtanzahl von 309 BE, so ergibt sich ein finanzieller Transportaufwand von durchschnittlich ca. **593 €/BE**.

Dabei belaufen sich die rein mit dem **Seetransport** im Zusammenhang stehenden Kosten (Umschlag BE im Hafen Lübeck, Seefracht für die RoRo-Trailer, Zollgebühren ohne Vorlauf, Rückführung Trailer, Umschlag BE und Abfertigungsgebühren im Hafen Sankt Petersburg) auf insgesamt **rd. 84.600 €**.

Ergänzend galt es nun in Erfahrung zu bringen, ob sich die Gesamtkosten der hier aktuell für 2013 / 2014 ermittelten Transporttarife auf dem Seeweg im Vergleich zum Jahr 2011 (Pilotvorhaben in Nevskaja Dubrovka (s. Pkt. 6.1.4.3, Tab. 3)) mit Bezug auf das gewählte Bauteilsortiment des Projektes in Lodejnoje Pole verändert haben.

Unter Zugrundelegung der in 2011 veranschlagten Transporttarife (s. Tab. 2) für den Seetransport per Fähre mittels RoRo-Trailer und der Anpassung an das hier gewählte Betonelementesortiment von 309 BE wurde ermittelt, dass sich die Kosten hierfür um etwa 5.400 € verteuert haben. D.h., wären die für das Projekt in Lodejnoje Pole bestimmten 309 BE im Jahre 2011 per Schiff transportiert worden, so wären hierfür Kosten in Höhe von ca. 89.910 € (inkl. Zollgebühren ohne Vorlauf, Rückführung Trailer mit Transportgestellen) aufgerufen worden. Dies entspricht einer Verteuerung des Seetransports um etwa 6 %.

6.2.6 Wirtschaftliche Aspekte der Wiederverwendung von Betonbauteilen

6.2.6.1 Gesamtkosten zur Vorbereitung, zum Transport und Umschlag der Altbetonbauteile

Neben den in Pkt. 6.2.5.3 ermittelten reinen Transport- und Umschlagskosten (K_{TUL}) sind die Kosten für Vorplanungen, -auswahl der Betonelemente, Eruiierung des Spendergebäudes, das Logistikkonzept, Bereitstellungs-, Prüf- und Bauteilsäuberungskosten sowie ein Sicherheitsaufschlag „Wagnis und Gewinn“ in der Gesamtbetrachtung für die Wiederverwendung der Betonelemente zu berücksichtigen. Anteilsmäßig werden diese Kosten auf €/m² Bauteilfläche veranschlagt.

Der finanzielle Aufwand zur Wiederverwendung gebrauchter Betonelemente (ohne (Re)Montagekosten), hier am Standort Lodejnoje Pole, ergibt sich zusammengefasst unverändert aus:

$$K_{Ges} = K_{Vorpl} + K_{Prüf} + K_{Bereit} + K_{Säub} + K_{TUL} + K_{W+G} \quad (\text{entspricht (2)}),$$

$$K_{Vorb} = K_{Vorpl} + K_{Prüf} + K_{Bereit} + K_{Säub} \quad (\text{entspricht (3)}),$$

K_{Ges}	Gesamtkosten für Vorleistungen sowie Transport- und Logistikprozesse
K_{Vorpl}	Kosten für Vorplanung, Vorauswahl Betonelemente, Eruiierung Rückbauobjekte
$K_{Prüf}$	Kosten für Bauzustandsanalyse (Konformitätsprüfung etc.)
K_{Bereit}	Kosten für die Bereitstellung gebrauchter Betonelemente auf der Demontagebaustelle
$K_{Säub}$	Kosten für die Bauteilsäuberung ausgewählter Betonelemente
K_{TUL}	Kosten für Transporte, Umschlag und (Zwischen-)Lagerung
K_{W+G}	Sicherheitszuschlag „Wagnis und Gewinn“
K_{Vorb}	Vorbereitungskosten

Die als Vorbereitungskosten (K_{Vorb}) anfallenden Kosten sind in Tab. 15 bezogen auf das einzelne BE aufgelistet. Die Vorlaufkosten (LKW) werden dabei berücksichtigt, da davon auszugehen ist, bedingt durch die Lage des hier gewählten Hafens Lübeck, eine Transportentfernung zu der/den Demontagebaustelle(n) in Ostdeutschland von mind. 200 bis 250 km zu absolvieren ist und entsprechend kostenrelevant sein wird.

Tab. 15: Vorbereitungskosten der Betonbauteile des Pilotprojektes (bauelementebezogen)

Beton- element	Bauteilparameter		Vorbereitungskosten (bauelementebezogen)						
	Masse (je BE)	Bauteil- fläche	Planung/ Vorauswahl/ Logistik	Prüfkosten	Bereit- stellung	Bauteil- säuberung	Gesamt Einzel- bauteil	Σ BE	Gesamt BE
			K_{Vorpl}	$K_{Prüf}$	K_{Bereit}	$K_{Säub}$	K_{Vorb}		
Bemerkungen		abzgl. Bauteil- öffnung	2,00 €/m ² [Annahme*]	2,00 €/m ² [Annahme*]	DP: 3,50 €/m ² ; IW/AW: 3,00 €/m ² ; Rest: 0 €/m ² [Annahme*]	DP, AW, IW: 2,50 €/m ² ; Rest: 0 €/m ² [Annahme*]			
Einheit	[t]	[m²]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]		[€]
D 3.401 Deckenplatte	3,35	10,70	21,40	21,40	37,45	26,75	107	48	5.136
D 1.700 Deckenplatte	5,65	17,80	35,60	35,60	62,30	44,50	178	68	12.104
D 8.000 Deckenplatte	4,55	14,20	28,40	28,40	49,70	35,50	142	6	852
A 1.705/06 AW (2 Fenster)	5,80	12,80	25,60 €	25,60 €	38,40 €	32,00 €	122	32	3.904
A 1.711/12 AW (1 Fenster, 1 Balkontür)	5,65	12,40	24,80	24,80	37,20	31,00	118	24	2.832
A 1.503 AW (1 Fenster)	4,60	9,30	18,60	18,60	27,90	23,25	88	4	352
A 1.404 AW (1 Fenster)	3,30	5,90	11,80	11,80	17,70	14,75	56	4	224
A 1.401 (Giebel)	4,80	10,30	20,60	20,60	30,90	25,75	98	7	686
A 1.208 AW (1 Fenster)	2,23	5,40	10,80	10,80	16,20	13,50	51	4	204
A 1.301/02 (Giebel)	5,88	12,50	25,00	25,00	37,50	31,25	119	16	1.904
I 1.700 Innenwand	5,45	15,30	30,60	30,60	45,90	38,25	145	28	4.060
I 1.703/06 IW (mit Tür)	4,86	13,50	27,00	27,00	40,50	33,75	128	48	6.144
NL L.1 Treppenstufe	1,50	3,00	6,00	6,00	0,00	0,00	12	20	240
								309	38.642

* abgeleitet aus wissenschaftlichen Begleituntersuchungen

Als Sicherheitszuschlag (K_{W+G} „Wagnis und Gewinn“) werden **3 %** der Gesamtsumme der Kosten für Transporte, Umschlag und (Zwischen-)Lagerung (K_{TUL} inkl. Vorlauf und Zollgebühren) und der Vorbereitungskosten (K_{Vorb}) veranschlagt. Anzusetzen ist ein Betrag von **6.660 €**.

Unter Berücksichtigung der weiteren einfließenden Parameter ergeben sich **Gesamtkosten** ($K_{Ges} = K_{TUL} + K_{Vorb} + K_{W+G}$) des Projektes für Vorleistungen sowie Transport- /Logistikprozesse von insgesamt **228.600 €**.

6.2.6.2 Preise für neue Stahlbetonfertigteile im Leningrader Gebiet

Analog der Ermittlung für vergleichbare Neuteilpreise von Betonelementen im Leningrader Gebiet im Pkt. 6.1.5.1 sind die amtlichen Preiskataloge⁷² der russischen Bundesagentur für Bauwesen und Kommunalwirtschaft zu Grunde gelegt worden.

In nachfolgender Tab. 16 sind Basispreise für das Leningrader Gebiet aufgeführt, die für die Preisermittlung vergleichbarer Betonelemente örtlicher Herstellung angesetzt wurden ($K_{BE,neu}$). Die Umrechnung in Preise erfolgt mit einem Koeffizient von 6,975 plus 18 % gesetzlicher MwSt. (vgl. Tab. 5). Desweiteren fand der derzeitige Umrechnungsfaktor Rubel in Euro (49,07 RUB = 1 EUR) Berücksichtigung.

⁷² Russische Bundesagentur für Bauwesen und Kommunalwirtschaft (Hrsg.): Katalog der Voranschlagspreise im Bauwesen, Basispreise.

Tab. 16: Katalogpreise für vergleichbare Betonelemente im Leningrader Gebiet

Betonelement	Elemente-Nr.	pro Betonelement				Σ BE	Insgesamt neue BE [€]
		Volumen [m ³] ⁷³	Basispreis [RUB/m ³]	Preis brutto [RUB/BE]*	Preis brutto [€/BE]**		
Deckenplatte	D 3.401	1,49	2.392	29.334	598	48	28.704
Deckenplatte	D 1.700	2,49	2.392	49.022	999	68	67.932
Deckenplatte	D 8.000	1,99	2.392	39.178	798	6	4.788
Außenwand (2 Fenster)	A 1.705/06	2,34	2.383	45.901	955	32	30.560
Außenwand (Balkontür)	A 1.711/12	2,27	2.383	44.528	907	24	21.768
Außenwand (1 Fenster)	A 1.503	1,89	2.383	37.069	755	4	3.020
Außenwand (1 Fenster)	A 1.404	1,36	2.383	26.674	543	4	2.172
Außenwand (Giebel)	A 1.401	1,99	2.383	39.030	795	7	5.565
Außenwand (1 Fenster)	A 1.208	1,40	2.383	27.459	560	4	2.240
Außenwand (Giebel)	A. 1301/02	2,45	2.383	48.053	979	16	15.664
Innenwand voll	IW-50500	2,26	2.121	39.453	804	28	22.512
Innenwand (mit Tür)	IW-50501	2,01	2.121	35.089	715	48	34.320
Treppenstufelement	TS-30000	0,62	4.469	22.805	465	20	9.300
					K_{BE, neu}	Σ 309	248.545 €
<p>* Amtlicher Umrechnungskoeffizient zu Basispreis für Leningrader Gebiet – 6,975 plus 18 % MwSt. ** Umrechnungsfaktor 49,07 Rubel/Euro; o.a. Angaben in EUR gerundet</p>							

Die Kosten für **neu** zu produzierende **Betonelemente** ($K_{BE, neu}$) belaufen sich auf **rd. 248.600 €**.

6.2.6.3 Gegenüberstellung Kosten der Neuerrichtung der MFH im Variantenvergleich

Auf Basis des von der FG Bauliches Recycling entwickelten Gebäudekonzeptes und der Restriktionen der russischen Projektpartner für das 3-geschossige MFH in Lodejnoje Pole (Bedarf an Betonelementen, Wohnflächenbedarf, Wohnraumgrößen etc.) wurde seitens der russischen Seite ein Variantenvergleich zum Bau dieses Gebäudes mit alternativ vor Ort verwendeten Baumaterialien vorgenommen.

Über einen Kostenvoranschlag, bezogen auf m² Geschossfläche bzw. m³ umbauter Raum, wurden durch einen russischen Fachplaner in Sankt Petersburg die zu erwartenden Baukosten kalkuliert (Stand: Mai 2011). Die Kosten beinhalten den finanziellen Aufwand vom Fundament bis Innenausbau.

⁷³ nach Mettke, A. (Hrsg.): Elementekatalog. Übersicht: Elementesortiment des Typs WBS 70, FG Bauliches Recycling, Cottbus 2007.

Gegenübergestellt wurden folgende Varianten:

- (1) Gebäude unter Wiederverwendung der WBS 70-Betonbauteile aus Ostdeutschland
(inkl. Kosten Vor- und Nachlauf, Seetransport, Vorbereitungskosten, Wagnis & Gewinn und Zollgebühren)
- (2) Gebäude aus neuen Betonfertigteilen,
- (3) Gebäude in Porenbeton- und Ortbetonbauweise.

In nachfolgender Tab. 17 sind die Berechnungen hierzu zusammenfassend dargestellt⁷⁴.

Tab. 17: Kostenvergleich Gebäudevarianten 3-geschossiges MFH

Kennwerte	Einheit	Variante 1 Wiederverw. WBS 70-BE (inkl. Transport und Vorbereitung)	Variante 2 Verwendung neuer Betonfertigteile im Leningrader Gebiet	Variante 3 Gebäude in Porenbeton- und Ortbeton- bauweise
Planungsvolumen				
1. Gesamtfläche des Gebäudes	m ²	2.500	2.500	2.500
2. Geschossfläche	m ²	729	729	729
3. Bauvolumen	m ³	3.506	3.506	3.506
Veranschlagte Baukosten				
1. Gesamtbaukosten (veranschlagt)	Rub.	28.236.000	32.216.230	35.596.890
	€	587.500	670.000	740.300
2. Baukosten für 1 m ³ umbauter Raum	Rub.	8.054	9.189	10.153
	€	167	191	211
3. Baukosten für 1 m ² der Gesamtfläche	Rub.	11.295	12.886	14.239
	€	235	268	296
4. Baukosten für 1 Geschoss	Rub.	9.412.000	10.738.740	11.865.630
	€	196.000	223.300	246.800
5. kalkulierter prozentualer Gewinnanteil	Rub.	1.965.460	k.A.	k.A.
	€	41.000	k.A.	k.A.

Die kalkulierte **Kosteneinsparung** bei der Errichtung des 3-geschossigen MFH am Standort Lodejnoje Pole unter Wiederverwendung der WBS 70-Betonelemente liegt gegenüber den Ausführungsvarianten in konventioneller Bauweise bei etwa **12 %** (Var. 2) **bzw.** etwa **21 %** (Var. 3).

⁷⁴ Kostenvoranschlag durch einen Fachplaner auf Seite der russischen Projektpartner.

6.2.6.4 Zwischenfazit der wirtschaftlichen Betrachtungen

Die erneute Untersuchung der Möglichkeiten zur Wiederverwendung von Betonelementen aus dem Gebäuderückbau in Ostdeutschland zum Bau eines Mehrfamilienhauses in Russland, am neuen Standort Lodejnoje Pole, ergab unter Berücksichtigung veränderter Randbedingungen Unterschiede im Vergleich zum vorab untersuchten Pilotprojekt eines MFH am Standort Nevskaja Dubrovka nahe Sankt Petersburg⁷⁵ (vgl. Pkt. 6.1). An der gewählten Transportkonzeption aus LKW-Transport im Vor- und Nachlauf sowie dem Schiffstransport wurde wiederum konzeptionell festgehalten.

Die Änderungen umfassen einerseits die Restriktionen der russischen Partner bzgl. der Größe und des Wohnungsbedarfs für das 3-gesch. MFH am neuen Standort Lodejnoje Pole im Leningrader Gebiet und dessen deutlich höhere Transportentfernung (Nachlauf) von ca. 230 km ab Hafen Sankt Petersburg. Der Nachlauf zum Standort Nevskaja Dubrovka (vgl. Pkt. 6.1) beläuft sich hingegen nur auf 70 km. Andererseits haben sich auf deutscher Seite der Abfahrtschiffhafen und die Transportkonditionen für die Fährverbindung nach Sankt Petersburg geändert. Seitens des angefragten Hochsee-Logistikunternehmens ist bis auf weiteres der Hafen Lübeck im Vorlauf derzeit anzufahren. Entsprechend sind größere Transportentfernungen bis zu einer bzw. mehrerer Demontagebaustelle(n) im Norden / Nordosten Ostdeutschlands einzuplanen und die Akquise möglicher Spendergebäude auszuweiten.

Die Gegenüberstellung der Preise für neu produzierte Betonelemente im Leningrader Gebiet mit den Gesamtkosten der Anlieferung von Betonelementen aus Ostdeutschland (LKW- und Seetransport) in der hier aufgezeigten Konstellation zeigt, dass Kosten von nur etwa 8 % eingespart werden können.

Beim Vergleich der kalkulierten Kosten nach russischen Ermittlungen⁷⁶, unter Berücksichtigung der Wiederverwendung (inkl. Transport und Vorbereitung) sowie unter Verwendung neuer Betonelemente bzw. von Porenbetonsteinen und Ortbeton, ergeben sich Kostenvorteile in Höhe von 12 bis 21 % zugunsten der Wiederverwendung von Betonelementen im Neubau des 3-geschossigen Mehrfamilienhauses.

6.3 Synopse der Bewertungen zur Wiederverwendung von Betonelementen an zwei verschiedenen Standorten in Russland

Nachfolgend sind die unter Pkt. 6.1 und Pkt. 6.2 aufgeführten Standortangaben und Kennwerte, zu veranschlagende Kosten für Transporte und Umschläge (Vorzugsvariante: LKW – Seetransport – LKW) sowie mögliche Kosteneinsparungen durch die Wiederverwendung von Betonelementen aus dem Gebäuderückbau von Wohnbauten Ostdeutschlands für den Neubau eines 3-gesch. MFH an den beiden betrachteten russischen (Re)Montagestandorten Nevskaja Dubrovka und Lodejnoje Pole zusammenfassend in Tab. 18 dargestellt.

⁷⁵ vgl. auch: Mettke, A. et.al.: Ökonomische und ökologische Bilanzierung des Transportes von Betonplattenbauteilen aus dem Rückbau von Wohnbauten in Deutschland in Länder Osteuropas und dortige Wiederverwendung beim Neubau von Wohngebäuden, Zwischenbericht zum FO-Projekt, Teil B – Wiederverwendung von Plattenbauteilen in einem Vorort von Sankt Petersburg, DBU-AZ 22286/02-23, FG Bauliches Recycling, BTU Cottbus, 2011.

⁷⁶ Kostenvoranschlag durch einen Fachplaner auf Seite der russischen Projektpartner.

Tab. 18: Gegenüberstellung Parameter und Kosten Neubau Mehrfamilienhäuser an zwei Standorten in Russland

Vorhaben	Neubau Mehrfamilienhaus 3-geschossig	Neubau Mehrfamilienhaus 3-geschossig
Zeitraum (Vorplanung)	2010 / 2011	2011 - 2014
Standort	Nevskaja Dubrovka Landkreis Vzevoloshsok / Leningrader Gebiet (70 km östl. von Sankt Petersburg)	Lodejnoje Pole Leningrader Gebiet (230 km östl. von Sankt Petersburg)
Bruttogrundfläche [m ²]	~ 2.700 m ²	~ 2.300 m ²
Bauteilsortiment (Typ WBS 70)		
∑ Anzahl BE	658 (102 AW, 93 IW, 297 DP, 93 Loggia-BE, 28 Drempele-BE, 45 Treppen-BE)	309 (91 AW, 76 IW, 122 DP, 20 Treppen)
Bauteilmasse gesamt [t]	∑ 2.433 t	∑ 1.480 t
Bauteilfläche gesamt [m ²]	∑ ~ 6.620 m ²	∑ ~ 4.100 m ²
Transportkombination (Vorzugsvariante: LKW – Seetransport – LKW)		
LKW-Vorlauf	150 km (bis Fährhafen Sassnitz)	mind. 200 – 250 km (bis Hafen Lübeck)
Seetransport (RoRo-Fähre)	(Hafen Sassnitz – Hafen Sankt Petersburg)	(Hafen Lübeck – Hafen Sankt Petersburg)
LKW-Nachlauf	70 km	230 km
K_{Ges} [€]	~ 251.200 €	~ 228.600 €
Neuteilpreise Betonfertigteile in RU [€]	~ 488.000 €	~ 248.600 €
Kosteneinsparung durch Wiederverwendung	~ 30 - 40 %	~ 8 %
Variantenvergleich Rohbauerstellung	-	Var. 1: Wiederverw. WBS 70-BE (inkl. K_{Vorb.}, K_{TUL}, K_{Zoll}, K_{W+G}) 587.500 €
		Var. 2: Verwendung neuer Betonfertigteile 670.000 €
		Var. 3: Verwendung Porenbeton und Ortbeton 740.000 €
Kosteneinsparung durch Wiederverwendung	-	~ 12 % ... 21 %

7 Neubau von Einfamilienhäusern aus gebrauchten Betonelementen in Polen und Bulgarien

7.1 Zielstellung und Betrachtungsumfang

In Anlehnung an die bisherigen Untersuchungen der FG Bauliches Recycling, veröffentlicht im Endbericht – Teil 1⁷⁷ sowie im Zwischenbericht zur Projektphase⁷⁸, ist der Gegenstand der nachfolgenden Ausführungen die Untersuchungen zur Wiederverwendung von Betonelementen aus dem Rückbau industriell errichteter Wohngebäude in Ostdeutschland für den Neubau von jeweils zwei Musterwohnhäusern in Zielona Gora (Polen) und Sofia (Bulgarien).

Ziel ist es dabei, den Gesamtaufwand aus dem Rückbau, der Bereitstellung der Elemente (Spendergebäude), der Umschläge sowie dem Transport des ausgewählten Betonelementesortiments nach Zielona Gora bzw. Sofia ökonomisch wie auch ökologisch zu bilanzieren. Ergänzt werden diese Betrachtungen durch eine Gegenüberstellung aus dem Kostenansatz für die Betonelementeauswahl und der Bereitstellung neuer Baumaterialien für den Rohbau in konventioneller Bauweise am jeweiligen Zielort.

Die zwei Varianten der Mustergebäude sind Ergebnis eines Entwurfs für ein Einfamilienhaus / Generationenhaus⁷⁹ unter Verwendung gebrauchter Betonfertigteile der Typenserie P2, welcher im Jahr 2007 von der Fachgruppe Bauliches Recycling im Zuge der Projektbearbeitung initiiert wurde (vgl. Pkt. 7.2).

Als Standorte für die (Re)Montage der Plattenbaualtbetonelemente werden zum einen Zielona Gora in Polen und zum anderen Sofia in Bulgarien betrachtet. Während der betrachtete Spenderort Cottbus und der Zielort Zielona Gora mit ca. 100 km relativ nah bei einander liegen (s. Abb. 32), ist zum Zielort Sofia eine schätzungsweise 1.600 km lange Strecke zurückzulegen (s. Abb. 33). Somit stellen die Transport- und Umschlagskosten der genannten Vorhaben, welche in den Pkt. 7.6 und Pkt. 7.7 untersucht werden, einen entscheidenden Wirtschaftlichkeitsfaktor dar.

Bisherige Forschungsarbeiten der FG Bauliches Recycling zeigen, dass bei sachgerechtem Rückbau und Transport der Betonelemente diese in ihrem Gebrauchswert nicht eingeschränkt werden, die (Rest)Nutzungsdauer der Betonelemente erheblich verlängert wird und es daher zu einer höheren Wertschöpfung kommt.

⁷⁷ Mettke, A. et.al.: Wiederverwendung von Plattenbauteilen in Osteuropa. Endbericht – Bearbeitungsphase I, FO-Vorhaben DBU-AZ 22286-23, BTU Cottbus, 2008.

⁷⁸ Mettke, A. et.al.: Ökonomische und ökologische Bilanzierung des Transportes von Betonplattenbauteilen aus dem Rückbau von Wohnbauten in Deutschland in Länder Osteuropas und dortige Wiederverwendung beim Neubau von Wohngebäuden, Zwischenbericht zum FO-Projekt, Teil B – Wiederverwendung von Plattenbauteilen in einem Vorort von Sankt Petersburg, DBU-AZ 22286/02-23, 2011.

⁷⁹ vgl. ebenda, S. 289 – 292 sowie Mettke, A.; Rupp, E.-K.: Generationenwohnen – Entwurf eines Wohngebäudes unter Verwendung gebrauchter Betonfertigteile vom Gebäudetyp P2, Cottbus, 2007.

In den beiden europäischen Staaten wird Potenzial bezüglich des Wohnungsbaus gesehen, da sowohl in Polen als auch in Bulgarien ein Mangel an preiswertem Wohnangebot besteht. Im Gegensatz dazu sollen im Zuge des Stadtumbaus explizit in Ostdeutschland in relevanter Menge dem Wohnungsüberschuss (noch) weiterhin durch Abbruch und vermehrt dem (Teil)Rückbau begegnet werden.

Die Transportwege nach Zielona Gora (Polen) und Sofia (Bulgarien) sind in Abb. 32 und Abb. 33 verdeutlicht.

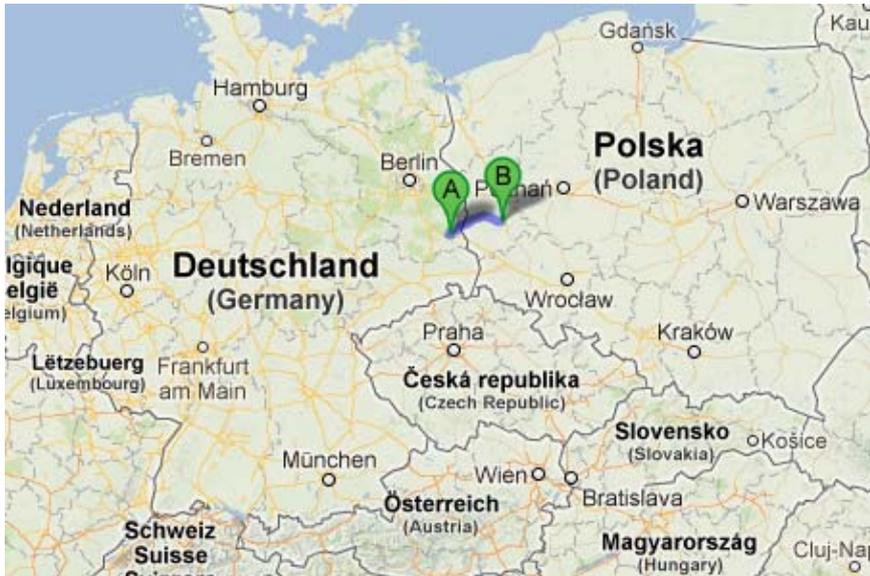


Abb. 32: Transportentfernung Cottbus (A) - Zielona Gora (B): ca. 100 km⁸⁰

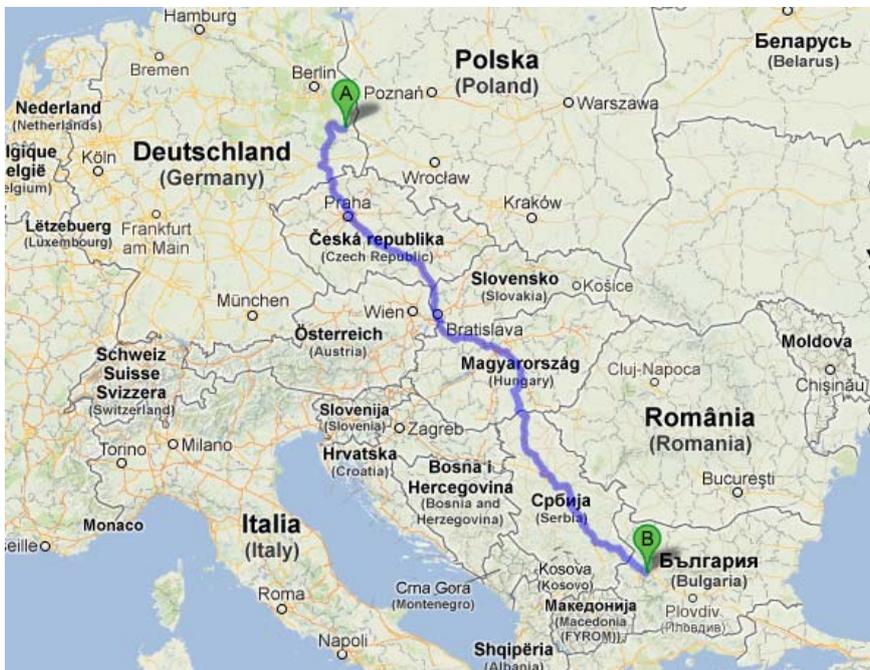


Abb. 33: Transportentfernung Cottbus (A) – Sofia (B): ca. 1.600 km⁸¹

⁸⁰ <http://www.maps.google.de>.

⁸¹ ebenda.

7.2 Entwurf der Musterneubauten - Art und Umfang des benötigten Betonelementesortiments

Wie in der Einführung dieses Kapitels erwähnt, sollen zwei Musterhausentwürfe als Grundlage für die Kalkulation der Kosten dienen, um die Wirtschaftlichkeit des Vorhabens anhand einer definierten Bauteilmenge und dem notwendigen Aufwand für die TUL-Prozesse beurteilen zu können.

Die bereits im Jahr 2008 im Endbericht der Bearbeitungsphase I dieses FO-Projektes⁸² aufgeführten Entwürfe zu Wiederneubauten (Muster-Wohngebäude) wurden in einfachen geometrischen Grundformen erarbeitet, um eine Wiederverwendung der Betonelemente zu erleichtern. Es handelt sich um zwei Gebäudevarianten, basierend auf zwei zueinander versetzten Kuben, wobei Variante 1 (s. Abb. 34) das Wohnhaus zweigeschossig, Variante 2 (s. Abb. 35) das Gebäudes ein- und zweigeschossig ausgebildet ist. Im Kellergeschoss beider Entwürfe kommen partiell Altbetonelemente als Innenwände zum Einsatz. Die Kelleraußenhülle ist konventionell ausgeführt. Die Brutto-Grundfläche (BGF), d.h. Vollunterkellerung, EG und OG, beträgt in Variante 1 ca. 400 m², in Variante 2 etwa 340 m².



Abb. 34: Musterhausentwurf – Variante 1, Straßenansicht (li.), Gartenansicht (re.)



Abb. 35: Musterhausentwurf – Variante 2, Straßenansicht (li.), Gartenansicht (re.)

⁸² Mettke, A. et.al.: Wiederverwendung von Plattenbauteilen in Osteuropa, Endbericht – Bearbeitungsphase I, FKZ: DBU-AZ 22286-23, 2008, S. 289 - 292. ; Mettke, A., Rupp, E.-K.: Generationenwohnen - Entwurf eines Wohngebäudes unter Verwendung gebrauchter Betonfertigteile vom Gebäudetyp P2, BTU Cottbus, 2007.

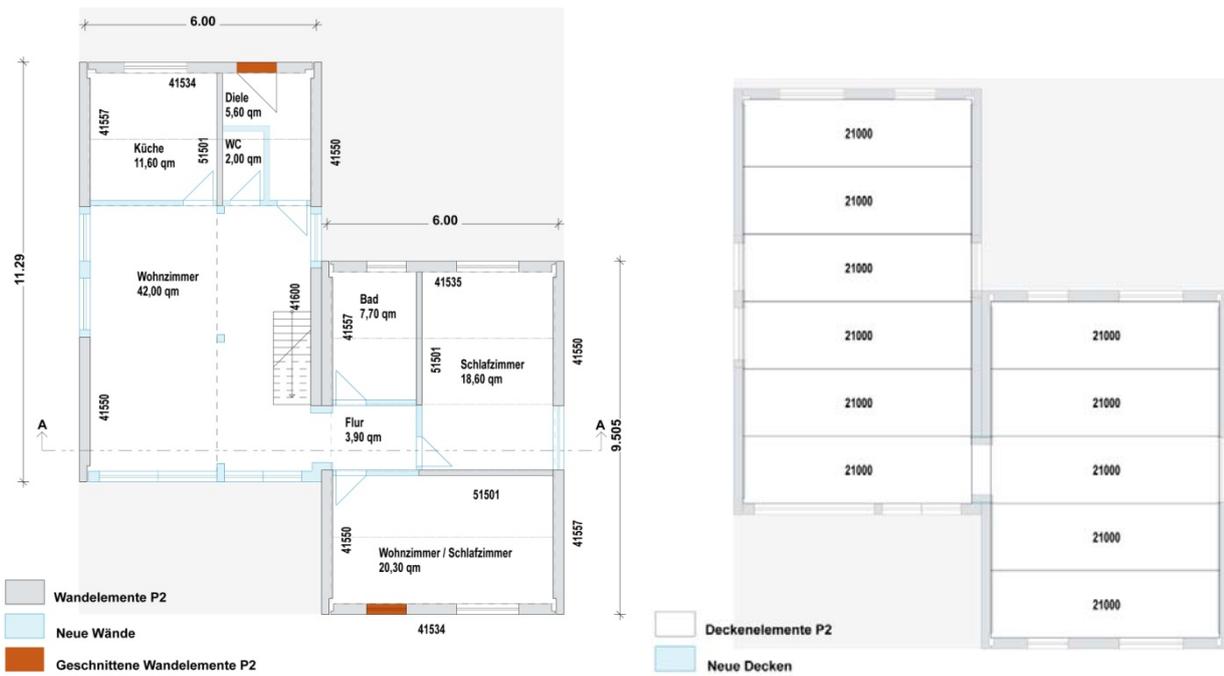


Abb. 36: Grundriss Erdgeschoss (Variante 1 und 2)

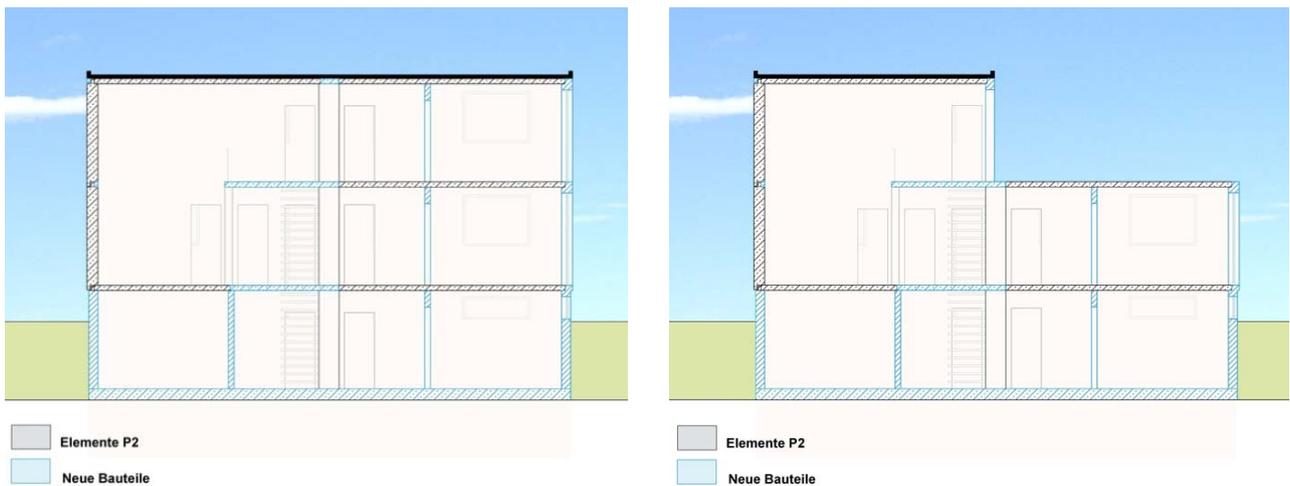
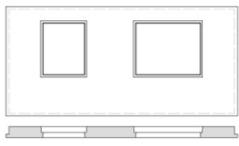
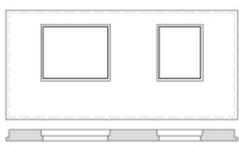


Abb. 37: Schnitt A-A, Variante 1 (li.), Variante 2 (re.)

Für die Gebäudeentwürfe wurde auf das Bauteilsortiment der Typenserie P2 zurückgegriffen und dabei ausgewählte, hauptsächlich verbaute Außen- und Innenwände sowie Deckenelemente für die Neuerrichtung beider o.a. Varianten berücksichtigt (Tab. 19).

Tab. 19: Übersicht des benötigten Bauteilsortiments (Typenserie P2) für die beiden Musterhausentwürfe

Bereitgestelltes Bauteilsortiment Wand- und Deckenelemente der Typenserie P2							
Elemente-Nr.	Bauteilgeometrie	Maße (L x B x H) [mm]	Bauteilfläche abzgl. Öffnungen [m ²]	Bauteilvolumen abzgl. Öffnungen [m ³]	Anzahl	Gewicht [kg]	
						Einzelgewicht	∑ Elemente
Außenwände					∑ 42		245.560
41534 (42067)		5.985 x 2.845 x 290	13,20	3,80	7	6.324	44.268
41535 (42066)		5.985 x 2.845 x 290	13,20	3,80	3	6.324	18.972
41550 (42225)		3.887 x 2.845 x 290	11,06	3,20	14	5.688	79.632
41557 (42226)		3.887 x 2.845 x 290	11,06	3,20	10	5.688	56.880
41600		3.750 x 2.845 x 290	10,67	3,10	8	5.726	45.808
Innenwände					∑ 16		50.512
51501		3.580 x 2.635 x 150	9,43	1,40	16	3.157	50.512
Deckenelemente					∑ 53		178.276
21000 (22006)		5.970 x 1.785 x 140	10,66	1,50	47	3.536	166.192
21200		3.570 x 1.785 x 140	6,37	0,90	6	2.014	12.084
∑ Gesamtfläche 111 BE: 1.230 m²					∑ 111		∑~ 474,5 t

7.3 Transportkonzeptionen vom Demontage- zum (Re)Montageort – Wahl des Verkehrsträgers und Beladungskonzeptionen

Die Betrachtung der logistischen Prozesse umfasst neben dem Transport (Umfang, Ladekapazitäten, Massebegrenzungen, Transportmittel und -hilfsmittel etc.) vom Ausgangs- zum Zielort (Demontageort – (Re)Montageort) die lokalen Randbedingungen am Verlade- und Verbringungsort. Neben der Entscheidung für ein oder auch mehrere Transportmittel sind mögliche Zwischenumschlagplätze sowie transportrechtliche Vorgaben berücksichtigt worden.

Als Transportmittel werden die Verkehrsträger Straße, Schiene, Binnenwasserstraße mit dazugehörigen ausgewählten / spezifischen Fahrzeugen und Fahrzeugtypen für den Betonelementetransport vom gewählten Demontageort Cottbus zum Zielort Zielona Gora bzw. Sofia betrachtet.

Aufgebaut wird dabei auf den Untersuchungsergebnissen zu Transportmöglichkeiten und der Auswahl der Transportträger im Endbericht der Bearbeitungsphase I⁸³ sowie des Zwischenberichtes zur Phase 2⁸⁴ dieses Projektes. Betrachtet wurden hier ebenso die Anforderungen an die Beladung der verschiedenen Transportmittel (LKW, Bahn, Binnenschiff). Diese werden nachfolgend im Bezug auf die hier gesetzte Transportaufgabe Cottbus – Zielona Gora bzw. Cottbus – Sofia geprüft.

7.3.1 LKW-Transport

Im Zuge der Untersuchungen kommt ein LKW-Transport der Betonelemente für folgende Strecken als Vor- und Nachlauf oder Direkttransport in Frage:

- (1) Vorlauf: Demontagebaustelle Cottbus – Bahnhof Cottbus,
- (2) Nachlauf: Bahnhof Zielona Gora – (Re)Montageort Zielona Gora,
- (3) Vorlauf: Demontagebaustelle Cottbus – Binnenhafen an der Donau (Regensburg),
- (4) Nachlauf: Donauhafen Vidin (Bulgarien) – (Re)Montageort Sofia.
- (5) Nachlauf: Bahnhof Sofia – (Re)Montageort Sofia,
- (6) Direkttransport: Demontagebaustelle Cottbus – (Re)Montageort Zielona Gora,
- (7) Direkttransport: Demontagebaustelle Cottbus – (Re)Montageort Sofia,

⁸³ Mettke, A. et.al.: Wiederverwendung von Plattenbauteilen in Osteuropa, Endbericht – Bearbeitungsphase I, FKZ: DBU-AZ 22286-23, 2008, S. 173 ff.

⁸⁴ Mettke, A. et.al.: Ökonomische und ökologische Bilanzierung des Transportes von Betonplattenbauteilen aus dem Rückbau von Wohnbauten in Deutschland in Länder Osteuropas und dortige Wiederverwendung beim Neubau von Wohngebäuden, Zwischenbericht zum FO-Projekt, Teil B – Wiederverwendung von Plattenbauteilen in einem Vorort von Sankt Petersburg, DBU-AZ 22286/02-23, 2011, S. 15 ff.

Grundsätzlich eignen sich alle im Endbericht der Projektphase I⁸⁵ aufgeführten Aufliegertypen. Sollte die freie Auswahl möglich sein, ist im Sinne der Wirtschaftlichkeit ein Auflieger mit möglichst hoher Nutzlast zu wählen, um die Anzahl der notwendigen Fahrten zu minimieren.

7.3.2 Bahntransport und Beladungskonzept

Der Bahntransport derartig großer Betonelemente mit entsprechend hohem Gewicht kann grundsätzlich nur als Teil einer Logistikkette betrachtet werden. Somit werden für den Vor- und Nachlauf in jedem Fall ein LKW-Transport sowie ein Umladen der Betonelemente erforderlich. Da gerade die Umschlagprozesse z.T. sehr kostenintensiv sind, ist es aus ökonomischer Sicht sinnvoll, das Transportmittel Bahn nur für Transporte auf möglichst längeren Entfernungen in Betracht zu ziehen.

In Abhängigkeit des Transportvolumens, der Bauteilgeometrie(n) sowie der (lokalen) Verfügbarkeit und Einsatzgrenzen geeigneter Güterwaggons sind in der Planung genaue Überlegungen zum Transportumfang und zum effizienten Beladungskonzept entwickelt worden.

Bei der Wahl eines passenden Güterwaggons für das vorliegende Transportvorhaben sind verschiedene Faktoren im Voraus zu erörtern, um zum einen eine möglichst effiziente Beladung gewährleisten zu können und zum anderen für alle Streckenabschnitte bis zum Zielort einen reibungslosen Transport zu ermöglichen.

Aus dem Güterwagenkatalog der DB Schenker Rail AG lassen sich je nach zu transportierendem Gut entsprechende Wagenklassen nach Bauausführung, wie z.B. offen oder geschlossen, unterscheiden.⁸⁶

Für den Transport von Stahlbetonelementen wurde im Rahmen dieser Arbeit die Wagengattung S: Drehgestellflachwagen (6-achsig) mit der Bezeichnung Sa(l)mmnps 706 gewählt (Abb. 38). Dieser Wagentyp zeichnet sich durch eine hohe Traglast in Verbindung mit einer großen Ladefläche aus (technische Daten, s. Tab. 20).⁸⁷ Zudem werden durch die hohe Anzahl an Radsätzen schwere Lasten ausreichend auf den Gleisen verteilt.

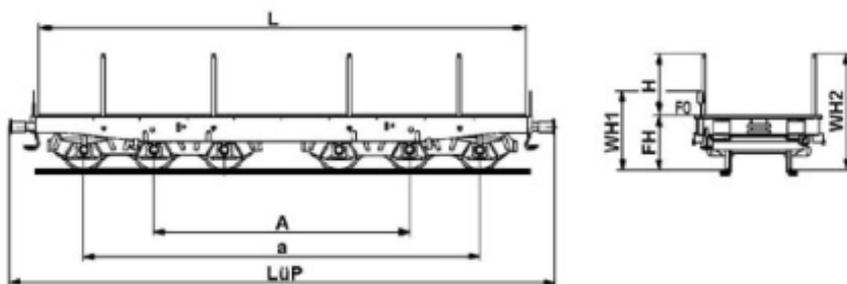


Abb. 38: Drehgestellflachwagen (6-achsig), Typ Sa(l)mmnps 706

⁸⁵ Mettke, A. et.al.: Wiederverwendung von Plattenbauteilen in Osteuropa, Endbericht – Bearbeitungsphase I, FKZ: DBU-AZ 22286-23, 2008, S. 173 / 174.

⁸⁶ <http://www.gueterwagenkatalog.rail.dbschenker.de/gwk-de/start/> (aufgerufen am 06.01.13).

⁸⁷ http://www.gueterwagenkatalog.rail.dbschenker.de/gwk-de/start/gattung_s/3156758/salmmnps.html?start=0 (aufgerufen am 06.01.13).

Tab. 20: Auswahl technischer Spezifikationen Wagentyp Sa(l)mmnps 706

Gattungszeichen / Bauartnummer: Sa(l)mmnps 706 (gemäß Güterwagenkatalog DB Schenker-Rail AG)			
Länge über Puffer (LüP) in mm	13.200	Ladefläche in m ²	36,0
Ladelänge (L) in mm	11.804	Fußboden (FH) in mm	1.300
Ladebreite in mm		Wagenhöhe in mm	
- zwischen den Rungen (B)	2.580	- Wagen mit Rungen (WH2)	2.550
- ohne Rungen (B1)	3.050 auf 8.660 mm Ladelänge	- Wagen ohne Rungen (WH1)	1.787
Tragfähigkeit in kg	107.000	Anzahl der Radsätze	6
Ø Eigengewicht in kg	28.000	Besonderheiten	Stahlfußboden
Drehzapfenabstand (A) in mm	6.200	Abstand der äußeren Radsätze (a) in mm	9.600

Im Hinblick auf die Kompatibilität von Güterwagen und ihrer Beladungen, sind die geometrischen und lastspezifischen Eigenschaften, z.B. Radsatzabstand, Radsatzlast und Masse je Längeneinheit, bezogen auf die jeweiligen vorhandenen Streckenklassen auf den gewählten Gleisstrecken zu beachten. Die Streckenklasse gibt dabei die zugelassene Meter- und Achslast an, mit der ein Waggon auf einem Streckenabschnitt verkehren darf (vgl. Tab. 21).⁸⁸ Entsprechend sind die max. Lastgrenzen je Waggon im Beladungskonzept bestimmt worden.

Nach Rücksprache mit Christian Menzel (M.Sc.), akademischer Mitarbeiter am Lehrstuhl Eisenbahn- und Straßenwesen der BTU Cottbus, kann für die Strecke Cottbus-Zielona Gora von der Streckenklasse D4 ausgegangen werden. Dies ist nach DIN EN 15528 mit einer Radsatzlast (RSL) des gewählten Waggontyps von 17,5 t und einer Meterlast (ML) von 8,5 t/m der Standard für Neu- und Ausbaustrecken.⁸⁹

Für die Strecke Cottbus-Sofia konnten von den ausländischen Netzbetreibern keine Informationen bzgl. der Streckenklassen in Erfahrung gebracht werden. Daher wird aus Sicherheitsgründen die Annahme getroffen, für diese Strecke die Klasse auf C4 (RSL: 15,5 t, ML: 7,5 t/m)⁹⁰ herabzusetzen. Diese Streckenklasse konnte auch durch Herrn Menzel zumindest für ein Teilstück in Richtung Passau bestätigt werden.

Dies bedeutet für die Umsetzung des Vorhabens eine zulässige Lastgrenze pro Güterwaggon des Typs Sa(l)mmnps 706 von 77,0 t für die Strecke von Cottbus nach Zielona Gora bzw. und eine Höchstlast von 65,0 t auf der Strecke nach Sofia.

⁸⁸ vgl. DB Netze: Schienennetz-Benutzungsbedingungen der DB Netze AG (SNB 2011), gültig ab 13.04.2010, DB Netze AG, Zentrale.

⁸⁹ DIN EN 15528:2013-01 Bahnanwendungen - Streckenklassen zur Bewerkstelligung der Schnittstelle zwischen Lastgrenzen der Fahrzeuge und Infrastruktur, Deutsche Fassung EN 15528:2008+A1:2012, Anhang I.

⁹⁰ ebenda.

Tab. 21: Lastgrenzen Drehgestellflachwagen Sa(l)mmnps 706⁹¹

Streckenklassen (nach DIN EN 15528) mit zugehörigen Lastgrenzen *					
A/B1	B2/C2	C3/C4	D2	D3	D4
38,0 t	56,0 t	65,0 t	56,0 t	67,0 t	77,0 t

* Anmerkungen zu Lastgrenzenrastern: Wegen der unterschiedlichen technischen Ausrüstung dieser Wagen können die Lastgrenzen geringfügig höher oder niedriger sein.

Um die Anzahl der notwendigen Waggons des Typs Sa(l)mmnps 706 bestimmen zu können, werden die in Tab. 19 ausgewählten Wand- und Deckenelemente in Bauteilstapel unter Berücksichtigung der Bauteilmaße und der max. möglichen Beladung der Waggons für die Zielorte aufgeteilt (vgl. Abb. 40, Abb. 41).

Beim Wandtransport werden dabei notwendige Transportgestelle inkl. der Bauteile zur Abstützung / Sicherung der Elemente in Länge und Breite sowie in ihrer Masse bei der Beladungskonzeption berücksichtigt. Die Deckenelemente werden liegend übereinander transportiert.

Als Transportgestell für die Wandelemente wird ein A-Bock der Firma Mewag mit folgenden Maßen zugrunde gelegt:

Tab. 22: Technische Daten A-Bock Mewag⁹²

Länge:	5.800 mm
Breite:	2.400 mm
Höhe:	2.600 mm
Auflagenbreite:	600 mm/Seite
Gewicht:	1.600 kg

Auf dieser Grundlage wurden überschlägig die Lademaße, die dazugehörigen Grundflächen und Massen sowie der Bedarf an Transportgestellen errechnet (Tab. 23).

⁹¹ <http://www.gueterwagenkatalog.rail.dbschenker.de/gwk-de/start/> (aufgerufen am 06.01.13).

⁹² <http://www.mewag.eu/transportbock.php> (aufgerufen am 15.01.13).

Tab. 23: Maße und Massen der zu transportierenden Gestelle und Stapel

Element	BE [Stk.]	Masse je BE [t]	Lademaß je Gestell / Stapel ca. [m x m]	Grundfläche je Gestell / Stapel [m²]	Anzahl Gestelle / Stapel [Stk.]	Masse Gestell [t]	max. Anzahl BE je Gestell / Stapel [Stk.]	Masse je voll beladenes Gestell / Stapel [t]	Masse je nicht voll beladener Gestelle / Stapel [t]	Nr. Bauteilstapel
AW 41534 / AW 41535	10	6,324	2,40 x 6,00	14,40	3	1,6	4	26,896	14,248	1 (1')
AW 41550 / AW 41557	24	5,688	2,40 x 3,90	9,40	6	1,6	4	24,352	-	3
AW 41600	8	5,726	2,40 x 3,75	9,00	2	1,6	4	24,504	-	4
IW 51501	16	3,157	2,40 x 3,60	8,70	2	1,6	8	26,856	-	2
DP 21000	47	3,536	6,00 x 1,80	10,80	4	-	13	45,968	28,288	5 (5')
DP 21200	6	2,014	3,60 x 1,80	6,50	1	-	13	12,084	-	6

Aus der benötigten Anzahl der Betonelemente ergibt sich, wie viele Stapel bzw. Gestelle benötigt werden. Für die Bauteile AW 41535 und DP 21000 ergeben sich jeweils ein Gestell und ein Stapel, welche nicht voll ausgelastet sind (1' und 5').

Daraus ergibt sich folgender Flächenbedarf für die insgesamt 111 Betonelemente bei o.g. Wagenklasse:

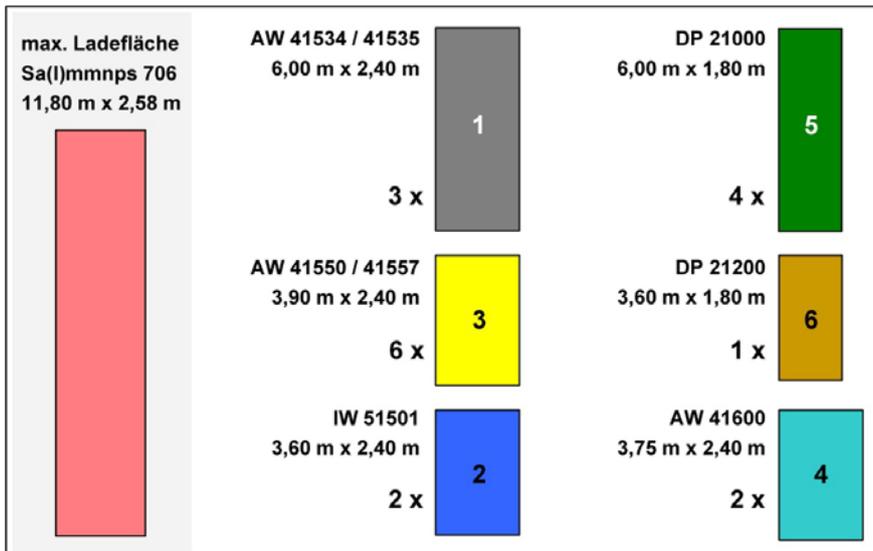


Abb. 39: Flächenbedarf der Ladung im Vergleich zur Waggonfläche

Für den **Transport** von **Cottbus** zum Zielbahnhof **Zielona Gora** ergibt sich das in Abb. 40 dargestellte Beladungskonzept mit **9 Waggons** (Streckenklasse D4).

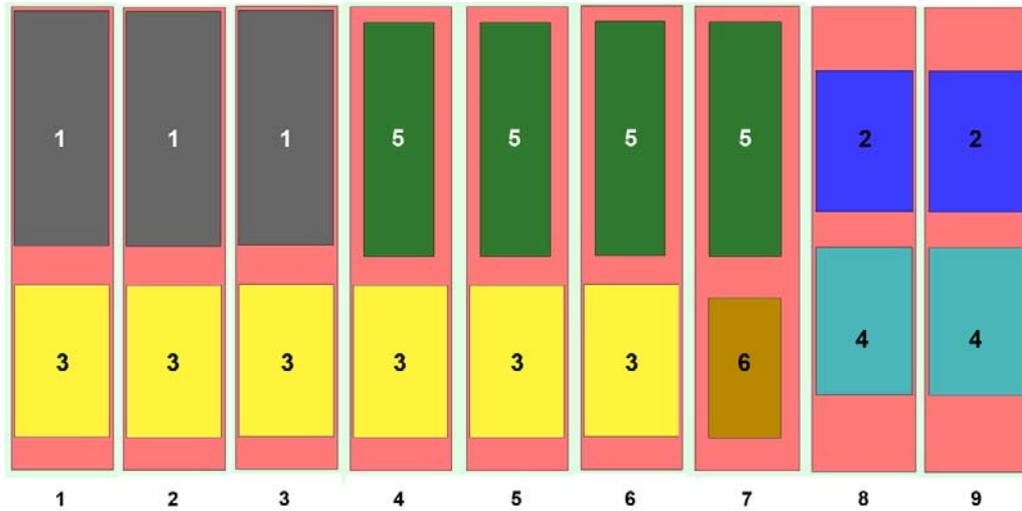


Abb. 40: Beladungskonzept Bahn-Transport Cottbus-Zielona Gora

Für das dargestellte Beladungskonzept ergibt sich eine maximale Ladungsmasse von 70,32 t bei den Wagen Nr. 4 und Nr. 5 (s. Tab. 24). Die transportierende **Gesamtmasse inklusive der Transportgestelle (TP)** beträgt **rd. 495 t**.

Tab. 24: Beladung Güterwaggons beim Bahntransport Cottbus-Zielona Gora

Waggon Nr.	Geladene Masse inkl. Gestelle [t]	geladene BE	Stapelart	Zusammenstellung BE	Anzahl Transp.-gestelle
1	51,25	AW	1+3	4 x AW 41534 / 4 x AW 41550	2 TP
2	51,25	AW	1+3	3 x AW 41534 / 1 x AW 41535 / 4 x 41550	2 TP
3	38,60	AW	1'+3	2 x AW 41535 / 4 x AW 41550	2 TP
4	70,32	DP+AW	5+3	13 x DP 21000 / 2 x AW 41550 / 2 x AW 41557	1 TP
5	70,32	DP+AW	5+3	13 x DP 21000 / 4 x AW 41557	1 TP
6	56,12	DP+AW	5'+3	9 x DP 21000 / 4 x AW 41557	1 TP
7	54,52	DP	5+6	12 x DP 21000 / 6 x DP 21200	-
8	51,36	AW+IW	4+2	4 x AW 41600 / 8 x IW 51501	2 TP
9	51,36	AW+IW	4+2	4 x AW 41600 / 8 x IW 51501	2 TP
Σ	~ 495 t				

Da für die Strecke nach Sofia die Streckenklasse auf C4 beschränkt wird und damit nur eine maximale Ladungsmasse von 65 t pro Wagen möglich ist, ergibt sich für den **Transport** von **Cottbus** zum Zielbahnhof **Sofia** sich das in Abb. 41 dargestellte Beladungskonzept mit **10 Waggons** (Streckenklasse C4).

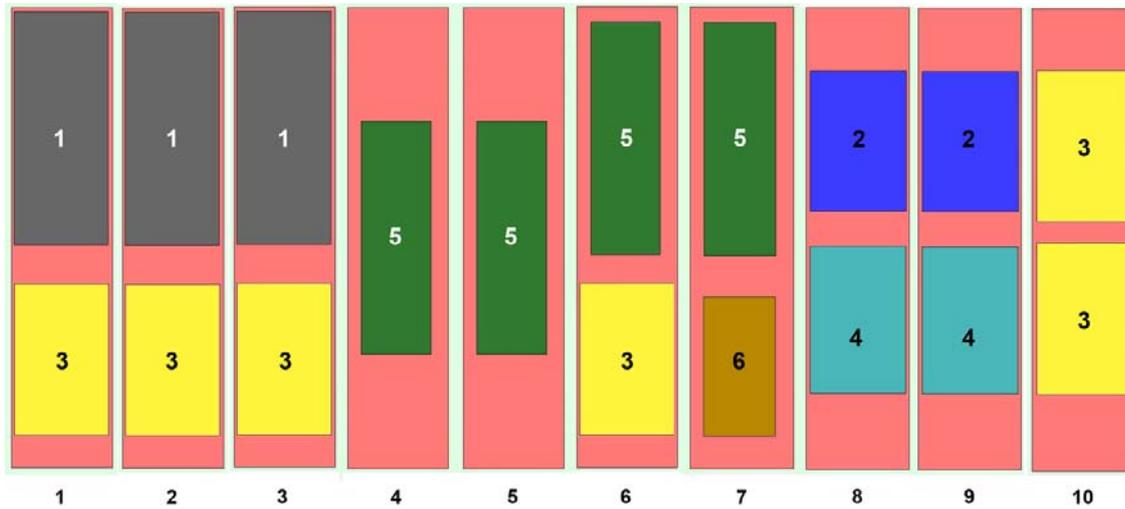


Abb. 41: Beladungskonzept Bahn-Transport Cottbus-Sofia

Durch die Änderung der Elementanordnung ergeben sich die in Tab. 25 dargestellten Massen je Waggon.

Tab. 25: Beladung Güterwaggons beim Bahntransport Cottbus-Sofia

Wagon Nr.	geladene Masse inkl. Gestelle [t]	geladene BE	Stapelart	Zusammenstellung BE	Anzahl Transportgestelle
1	51,25	AW	1+3	4 x AW 41534 / 4 x AW 41550	2 TP
2	51,25	AW	1+3	3 x AW 41534 / 1 x AW 41535 / 4 x 41550	2 TP
3	38,60	AW	1'+3	2 x AW 41535 / 4 x AW 41550	2 TP
4	45,97	DP	5	13 x DP 21000	-
5	45,97	DP	5	13 x DP 21000	-
6	56,12	DP+AW	5'+3	9 x DP 21000 / 4 x AW 41557	1 TP
7	54,52	DP	5+6	12 x DP 21000 / 6 x DP 21200	-
8	51,36	AW+IW	4+2	4 x AW 41600 / 8 x IW 51501	2 TP
9	51,36	AW+IW	4+2	4 x AW 41600 / 8 x IW 51501	2 TP
10	48,70	AW	3 + 3	2 x AW 41550 / 6 x AW 41557	2 TP
Σ	~ 495 t				

Für einen möglichen Teiltransport per Bahn innerhalb Deutschlands kann von der Streckenklasse D4 ausgegangen werden und damit von einer Beladung analog zum Transport nach Zielona Gora.

7.3.3 Schiffstransport

Wie bereits die vorangegangenen Untersuchungen zum Bauteiltransport im Endbericht der Bearbeitungsphase I⁹³ sowie des Zwischenbericht zur Phase 2⁹⁴ dieses Projektes zeigen, ist die Möglichkeit eines Transports der Betonelemente über eine lange Wegstrecke ggf. auf dem Wasserweg in Erwägung zu ziehen. Im Rahmen der Untersuchungen wird daher auf den Schiffstransport über Binnenwasserstraßen für den Zielort Sofia eingegangen. Der Seeweg wird aufgrund der sehr weiten Transportentfernung nicht näher betrachtet.

Der Transport des hier veranschlagten Sortiments von 111 Betonelementen über Binnenwasserstraßen ist nur als Teilbestandteil der betrachteten Transportkette Cottbus – Sofia anzusehen. Für den Vor- und Nachlauf ist der Transport mittels LKW bzw. der Bahn und LKW vorzusehen.

Auf größeren Binnenwasserstraßen Europas sind für diesen Transport der Betonelemente zwischen Deutschland und Bulgarien ein geeignetes Schiff bzw. notwendige Ladekapazitäten auf einem bestimmten Schiffstyp anzumieten. Zudem sind ein Abfahrts- und Zielhafen sowie eine geeignete Transportabfolge für die Binnenschiffe zu suchen.

Für den hier betrachteten Betonelementetransport kommt nur die Donau (zweitlängster Strom Europas) als Binnenwasserstraße für den internationalen Güterverkehr in Frage (schiffbare Länge: 2.411 km). Der nördlichste Punkt der Donau in Deutschland ist Regensburg. Innerhalb der o.a. Transportkette in Deutschland ist desweiteren der Main-Donau-Kanal (Länge: 171 km) zwischen Bamberg und Kelheim als direkte Anbindung der Donau ggf. zu berücksichtigen - hier wäre ein möglicher Abfahrtshafen Bamberg oder Nürnberg. In Bulgarien ist der Donauhafen Vidin als Zielhafen auszuwählen.

Unter Beachtung einer minimierten Vorlaufstrecke (LKW-Transport) ist desweiteren zu prüfen, ob ggf. im Vorlauf per LKW durch Tschechien, Slowakei bzw. Österreich die Donauhäfen Linz, Enns, Wien (Österreich) oder Bratislava (Slowakei) angefahren werden könnten.

Als Schiffstyp herrscht auf der Donau die Verbandsform (Schubverband) vor. Ungefähr 90 % aller Frachttransporte werden in dieser Form durchgeführt, nur ca. 10 % fällt auf einzeln fahrende Motorgüterschiffe. Ein Schubverband besteht aus einem Motorgüterschiff (eigener Laderaum) oder auch einem Schubboot. Mit diesem sind ein oder mehrere antriebslose Schubleichter (Leichter) starr verbunden.⁹⁵

Um einen Bezug zwischen der Bauteilgesamtmasse und dem notwendigen Flächenbedarf für die gewählten 111 Betonelemente und verfügbarer Ladekapazitäten potenzieller Schiffstypen herstellen zu können, wird

⁹³ Mettke, A. et.al.: Wiederverwendung von Plattenbauteilen in Osteuropa, Endbericht – Bearbeitungsphase I, FKZ: DBU-AZ 22286-23, BTU Cottbus, 2008, S. 173 ff.

⁹⁴ Mettke, A. et.al.: Ökonomische und ökologische Bilanzierung des Transportes von Betonplattenbauteilen aus dem Rückbau von Wohnbauten in Deutschland in Länder Osteuropas und dortige Wiederverwendung beim Neubau von Wohngebäuden, Zwischenbericht zum FO-Projekt, Teil B – Wiederverwendung von Plattenbauteilen in einem Vorort von Sankt Petersburg, DBU-AZ 22286/02-23, BTU Cottbus, 2011, S. 15 ff.

⁹⁵ http://www.donauschiffahrt.info/daten_fakten/binnenschiffe/schiffstypen/schiffsverbaende/ (aufgerufen am 31.01.13)

zur Veranschaulichung vergleichsweise ein Schubverband mit einem Motorgüterschiff mit 2 Schubleichter (Vla) für den Stück- und Schüttgütertransport (Tragfähigkeit: 3.200 – 6.000 t) herangezogen. Die berücksichtigte Länge eines Schubleichters beträgt 76,5 m, die Breite 11,40 m und die Tragfähigkeit 1.750 t.



Anhand der gegebenen Maße und Kapazität ergibt sich für das im Rahmen dieses Projektes zu befördernde Elementesortiment (Massen und Maße gemäß Pkt. 8.2, Tab. 19) das in Abb. 43 dargestellte Beladungskonzept, wenn man von einer Ladefläche von 70 m x 10 m eines Schubleichters ausgeht.

Abb. 42: Donau-Schubverband mit 2 Schubleichtern⁹⁶

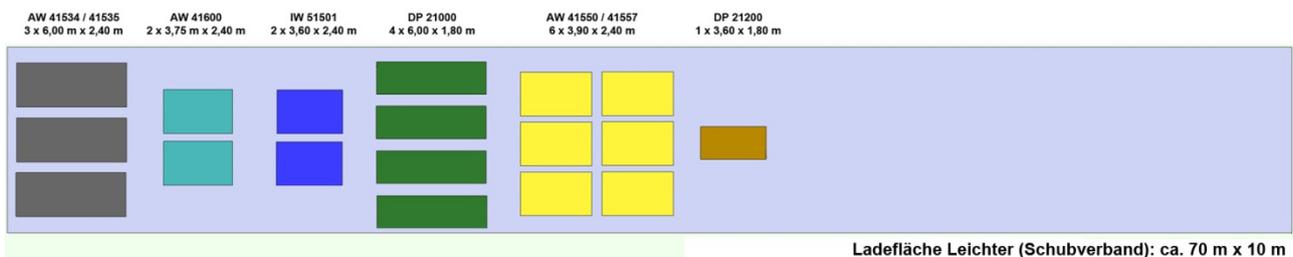


Abb. 43: Beladungskonzept Schifftransport auf einem Schubleichter

Es können alle benötigten Betonelemente mit einer Gesamtmasse inklusive der Transportgestelle von rd. 495 t auf einem derartigen Schubleichter untergebracht werden, wobei die maximale Kapazität von 1.750 t weit unterschritten und auch die Ladefläche nicht maximal ausgenutzt wird (s. Abb. 43).

Der notwendige Flächenbedarf und die ermittelten Massen aus Betonelementen und Transportgestellen ist auf andere Schiffstypen übertragbar. Es ist aber in jedem Fall davon auszugehen, dass das Gesamtpaket aus den hier exemplarisch 111 ausgewählten Betonelementen nur ein Teil einer Gesamtfracht eines Schiffes, egal ob Motorschiff, Schleppkahn oder Schubverband, sein wird.

⁹⁶ http://www.donauschiffahrt.info/daten_fakten/binnenschiffe/schiffstypen/schiffsverbaende/ (aufgerufen am 31.01.13).

7.4 Kosten für vorbereitende Untersuchungen und Maßnahmen (Vorbereitungskosten) der Betonelemente

In die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für die Wiederverwendung der BE sind neben den Kosten für Transport, Umschläge und Zwischenlagerung Kosten für die Vorbereitung der Elemente mit einzubeziehen. Die Vorbereitungskosten K_{Vorb} setzen sich wie folgt zusammen:

$$K_{Vorb} = K_{Vorpl} + K_{Prüf} + K_{Säub} + K_{Bereit} \quad (4),$$

K_{Vorb}	Vorbereitungskosten
K_{Vorpl}	Kosten für Vorplanung, Vorauswahl Betonelemente, Eruiierung Rückbauobjekte
$K_{Prüf}$	Kosten für Bauzustandsanalyse
$K_{Säub}$	Kosten für die Bauteilsäuberung ausgewählter Betonelemente
K_{Bereit}	Kosten für die Bereitstellung gebrauchter Betonelemente auf der Demontagebaustelle

Tab. 26: Elementebezogene Vorbereitungskosten der Betonbauteile⁹⁷

Beton- element	Bauteilparameter		Vorbereitungskosten (bauelementebezogen)						
	Masse (je BE)	Bauteil- fläche	Planung/ Vorauswahl/ Logistik	Prüfkosten	Bereit- stellung	Bauteil- säuberung	Gesamt Einzel- bauteil	Σ BE	Gesamt BE
			K_{Vorpl}	$K_{Prüf}$	K_{Bereit}	$K_{Säub}$	K_{Vorb}		
Bemerkungen		abzgl. Bauteil- öffnung	2,00 €/m ² [Annahme*]	2,00 €/m ² [Annahme*]	DP: 3,50 €/m ² ; IW/AW: 3,00 €/m ² ; Rest: 0 €/m ² [Annahme*]	DP, AW, IW: 2,50 €/m ² ; Rest: 0 €/m ² [Annahme*]			
Einheit	[t]	[m ²]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]		[€]
Wandelemente									
AW 41534	6,324	17,03	34,06	34,06	51,09	42,58	161,79	7	1.132,53
AW 41535	6,324	17,03	34,06	34,06	51,09	42,58	161,79	3	485,37
AW 41550	5,688	11,06	22,12	22,12	33,18	27,65	105,07	14	1.470,98
AW 41557	5,688	11,06	22,12	22,12	33,18	27,65	105,07	10	1.050,70
AW 41600	5,726	10,67	21,34	21,34	32,01	26,68	101,37	8	810,96
IW 51501	3,157	9,43	18,87	18,87	28,30	23,58	89,62	16	1.433,92
Deckenelemente									
DP 21000	3,536	10,66	21,32	21,32	37,31	26,65	106,60	47	5.010,20
DP 21200	2,014	6,37	12,74	12,74	22,30	15,93	63,71	6	382,26
								111	~ 11.780

* abgeleitet aus wissenschaftlichen Begleituntersuchungen der FG Bauliches Recycling der BTU Cottbus

⁹⁷ Mettke, A. et.al.: Ökonomische und ökologische Bilanzierung des Transportes von Betonplattenbauteilen aus dem Rückbau von Wohnbauten in Deutschland in Länder Osteuropas [...], Zwischenbericht zum FO-Projekt, Teil B – Wiederverwendung von Plattenbauteilen in einem Vorort von Sankt Petersburg, DBU-AZ 22286/02-23, 2011, S. 35.

Für die Vorbereitung (K_{Vorb}) der 111 Betonelemente sind ca. **11.780 €** bzw. **~ 25 €/t** bzw. **9,60 €/m²** zu veranschlagen.

7.5 Zusammensetzung der Kosten für Transporte, Umschläge und Zwischenlagerung der Betonelemente

Die Umsetzung der hier vorgestellten Möglichkeiten einer Wiederverwendung von Betonelementen für den Bau von zwei Musterhäusern an den Standorten Zielona Gora (Polen) und Sofia (Bulgarien) wird sich zunächst ausschließlich an der Wirtschaftlichkeit messen lassen müssen. Insofern sich keine finanziellen Vorteile gegenüber dem Einsatz neuer, konventioneller Baumaterialien einstellen, wird es schwer werden ein entsprechendes Projekt umzusetzen.

Daher wurden nachfolgend für eine realitätsgerechte Kalkulation die zu erwartenden Transport- und Umschlagskosten für die Betonelemente in den hier gewählten Kombinationen Preisrecherchen zu Transporttarifen angestellt, Bauteilneupreise abgefragt sowie sonstige rein technisch und logistisch zu lösenden Fragestellungen berücksichtigt.

7.5.1 Kosten für den Transport

Die Kosten für den Transport sind abhängig von der Wahl des entsprechenden Transportmittels bzw. der Kombination mehrere Transportmittel (LKW, Bahn, Schiff) sowie von der Transportentfernung vom Ausgangs- zum Zielort (Demontageort – (Re)Montageort).

Weitere Einflussfaktoren sind – wie o.a. – auch die lokalen Randbedingungen am Verlade- und Verbringungsort und an möglichen Zwischenumschlagplätzen sowie transportrechtliche Vorgaben.

Die Transportkosten zum LKW-, Bahn- und Schiffstransport resultieren auf eingeholten Preisabfragen und der Anpassung an das gewählte Betonelementesortiment auf die dazugehörigen ausgewählten / spezifischen Fahrzeuge bzw. Fahrzeugtypen für den Bauteiltransport.

7.5.2 Kosten der Zwischenlagerung

Grundsätzlich sind unnötige Zwischenlagerungen aus Kostengründen zu vermeiden und werden im Rahmen dieser Arbeit unter der Annahme einer Logistikkette „just-in-time“ nicht berücksichtigt.

Einzig bei den Transportkombinationen in Verbindung mit dem Schiffstransport kann es notwendig werden, die Bauteile zwischenzulagern, aufgrund der Tatsache, dass ca. 21 LKW-Durchläufe sowohl im Verlade- als auch im Zielhafen erforderlich sein werden. Die Wahrscheinlichkeit ist gering, dass alle Bauteile zeitnah im Vorlauf gemeinsam eintreffen. Zudem hängt es von der örtlichen Situation und der Logistik am Binnenhafen ab, ob und wann entsprechende Ladekapazitäten für einen im Idealfall Direkttransport in einem geeigneten Binnenschiff frei werden und letzteres zur Beladung bereit steht.

Daher kann davon ausgegangen werden, dass die Bauteile zunächst auf dem Hafengelände bis zu ihrer Vollzähligkeit zwischengelagert werden, um sie dann idealerweise in einem Durchgang zu verladen. Hierfür sind dann die wie im Pkt. 7.3.2 bzw. Pkt. 7.3.3 ausgewiesenen Flächen bereitzustellen.

7.5.3 Umschlagskosten

Für die benötigten 111 Elemente (Gesamtmasse: 474,5 t) ergeben sich die in Tab. 27 dargestellten Kosten für einen Umschlag. Grundlage der Ermittlung sind zwei Angebote von Baugeräte-Verleihern vom 05.12.2012, aus denen ein Mittelwert zur weiteren Berechnung gebildet wurde. Desweiteren wurde der Berechnung zugrunde gelegt, dass durchschnittlich der Umschlag mittels Kran eines Deckenelementes 5 Minuten und der eines Wandelementes 8 Minuten (Ø 6,5 min) in Anspruch nimmt. Die Zeit des Auf- und Abbaus des mobilen Krans wurde aufgrund früherer Untersuchungen der FG Bauliches Recycling mit jeweils 20 Minuten angesetzt und die Dauer der Ladungssicherung pro LKW mit 11 Minuten⁹⁸.

Bei einer durchschnittlichen Transportkapazität eines LKWs von 22,5 t ergeben sich für die zu transportierende Gesamtanzahl bzw. -masse 21 Umläufe (LKW-Ladungen). Die durchschnittlichen Stundensätze für die benötigten Arbeitskräfte, zwei Fachkräfte zum Laden und Sichern, wurden den Angaben des statistischen Bundesamts entnommen⁹⁹.

Die Lohnkosten für den Kranfahrer sind in den Angeboten A/B enthalten. Die in den nachfolgenden Kapiteln angegebenen Umschlagskosten beziehen sich auf die hier erläuterte Kostenberechnung (Tab. 27).

⁹⁸ Mettke, A. et.al.: Wiederverwendung von Plattenbauteilen in Osteuropa. Endbericht – Bearbeitungsphase I, FO-Vorhaben DBU-AZ 22286-23, BTU Cottbus, 2008, S. 221; Mettke, A.; Asmus, S.et.al.: Ökonomische und ökologische Bilanzierung des Transportes von Betonplattenbauteilen aus dem Rückbau von Wohnbauten in Länder Osteuropas [...], Teil C - Bau eines Vereinshauses in Kolkwitz [...], FG Bauliches Recycling, 2014.

⁹⁹ Statistisches Bundesamt, Fachserie 16, Reihe 2.1: Verdienste und Arbeitskosten, 3. Quartal 2012, S. 8.

Tab. 27: Zusammensetzung der Umschlagskosten (1 Umschlag)¹⁰⁰

Umschlagskosten - Kosten Fahrzeugkran		Kosten je Stunde [€]	Benötigte Zeit [h]	Kosten gesamt [€]
Angebot A (05.12.2012)		78,00 €	10,15	791,70 €
Angebot B (05.12.2012)		69,00 €	10,15	700,35 €
Mittelwert		73,50 €	10,15	746,03 €

Umschlagskosten - Kosten AK	durchschnittl. Bruttolohn je Std. [€/h] ¹⁰¹	Benötigte Zeit [h]	Kosten 1 AK [€]	Kosten gesamt [€]
Fachkräfte	17,29 €	6,5 min Faktor: 10,15	175,49 €	350,99 €

Umschlagskosten - Kosten Auf-& Abbau FZK		Benötigte Zeit [h]	Kosten je Stunde [€]	Kosten gesamt [€]
Aufbau FZK		20 min Faktor: 0,33	73,50 €	24,26 €
Abbau FZK		20 min Faktor: 0,33	73,50 €	24,26 €

Umschlagskosten - Ladungssicherung	benötigte Zeit je LKW [h]	Kosten je Stunde [€]	Kosten je LKW [€]	Kosten gesamt [€]
21 LKWs á 22,5 t	11 min Faktor: 0,1833	73,50 €	13,47 €	282,92 €

Gesamtkosten Umschlag	~ 1.430,00 €
Gesamtkosten Umschlag je t	~ 3,00 €/t
Gesamtkosten Umschlag je m²	~ 1,20 €/m²

¹⁰⁰ benötigte Zeiten für den Bauteilumschlag (AW, IW, DP) vgl. Forschungsergebnisse / Zeitaufnahmen der FG Bauliches Recycling der BTU Cottbus – Senftenberg.

¹⁰¹ Statistisches Bundesamt, Fachserie 16, Reihe 2.1: Verdienste und Arbeitskosten, 3.Quartal 2012, S. 8.

7.6 Wiederverwendungsvorhaben in Polen am Standort Zielona Gora

7.6.1 Skizzierung der Wohnungssituation in Polen

Das 300.000 km² große Land mit seinen knapp 39 Mio. Einwohnern, welches seit 2004 Mitglied der EU ist, befindet sich in einem stetigen Aufwärtstrend. Mit zuletzt ca. 4 % Wirtschaftswachstum (Stand: 2011)¹⁰² und einer Staatsverschuldung von 54 % des BIP (Stand: 2011)¹⁰³ hat sich Polen in Krisenzeiten als stabile Volkswirtschaft bewährt.

Trotzdem ist bezahlbarer, sanierter Wohnraum für die meisten Bürger Polens Mangelware.¹⁰⁴ Ein möglicher Grund dafür könnte sein, dass seitens der polnischen Regierung lange Zeit kaum effiziente Wohnungsbaupolitik betrieben wurde und man stattdessen auf Privatisierung und Eigentumserwerb setzte. Folge dessen sind unsanierte leer stehende Plattenbauten im Umland der Ballungsräume sowie private Altbauten, die wenig bis gar nicht instandgehalten werden.¹⁰⁵ Laut der Berliner Mietergemeinschaft mit Verweis auf das polnische Institut für Stadtentwicklung befanden sich 2008 nur noch 10 % aller polnischen Wohneinheiten (WE) im Besitz von Wohnungsgenossenschaften. Auch das Verhältnis von Einwohnern zu Wohneinheiten stellt mit 1.000 Einwohner auf 341,2 WE (Stand: 2008) in Europa einen unterdurchschnittlichen Wert dar.¹⁰⁶ Dazu kommen hohe Mietpreise vor allem in den Großstädten. Teilweise müssen mehr als 2/3 des Lohnes für Wohnkosten eingeplant werden.

Seit dem 1. Mai 2009 ist es Bürgern der EU uneingeschränkt möglich, Immobilieneigentum in Polen zu erwerben¹⁰⁷, was laut IVG-Marktreport 2012¹⁰⁸ zu einer gesteigerten Investitionstätigkeit in Polen aus dem Ausland führte. Doch dieser Trend wirkt sich hauptsächlich auf Geschäfts- und Industrieimmobilien aus, da viele Firmen, gelockt von gut ausgebildeten polnischen Fachkräften und vergleichsweise niedrigem Lohnniveau, den Produktionsstandort Polen für sich entdecken.¹⁰⁹ Die daraus resultierende bessere Beschäftigungssituation und der Rückgang der Bevölkerungsabwanderung machen bezahlbaren Wohnraum erforderlicher denn je. Investitionen in Mietwohnungsobjekte sind dagegen vor allem durch den weitreichenden Mieterschutz in Polen wenig attraktiv und dementsprechend selten geworden.

¹⁰²International Monetary Fund: World Economic Outlook – Coping with High Debt and Sugglish Growth, Oktober 2012, S. 66.

¹⁰³ <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/pl.html> (aufgerufen am 31.01.2013).

¹⁰⁴ Hansel, J.: Kaufen statt mieten, online: <http://www.polen.pl/kaufen-statt-mieten/> (aufgerufen am 31.01.2013).

¹⁰⁵Konicz, T.: Der polnische Wohnungsmarkt in Zahlen - Privatisierung, Bausubstanz, Wohnraumangel, Bautätigkeit, Wohnkosten, Überbelegung, in: Berliner MieterGemeinschaft, MieterEcho Nr. 343, November 2010.

¹⁰⁶ vgl.: ebenda.

¹⁰⁷ Haimann, R.: Polen öffnet seinen Immobilienmarkt, in: Die Welt, 02.05.2009.

¹⁰⁸ Beyerle, T.; Voß, O.: Marktreport Polen 2012, IVG Immobilien AG, 2012, S. 20 ff.

¹⁰⁹ ebenda, S. 3.

All diese Faktoren haben über die Jahre den Wunsch nach Wohneigentum geweckt, einerseits aus Angst vor intransparenten Vermietungsgesellschaften, verfallener Bausubstanz bei privaten Immobilien und andererseits wegen der überdurchschnittlich hohen Mietkosten.¹¹⁰

Mit Programmen wie 'Rodzina na swoim'¹¹¹ wird durch staatliche Förderung über den Erlass von Finanzierungszinsen die Investition in Wohneigentum zusätzlich gefördert. So tendieren viele Bürger Polens zum Bau oder Erwerb von Immobilien statt zu deren Anmietung.¹¹²

7.6.2 Rechtliche Aspekte – Polen

Das Polnische Bau- und Planungsrecht wird maßgeblich in zwei Gesetzestexten geregelt, zum einen im Baurechtsgesetz und zum anderen im Gesetz zur Raumordnung und Raumplanung. Das Baurechtsgesetz regelt in diesem Zusammenhang die Planung, die Bauausführung, die Nutzung und den Abbruch von Objekten. Die Regelungen bestimmen allerdings nur die Bedingungen der technischen Ausführung und der Organisation.¹¹³

Das Gesetz zur Raumordnung und Raumplanung regelt alle relevanten Dinge im Zusammenhang mit den Raumbewirtschaftungsplänen. Diese werden von jeder Gemeinde selbst erstellt und geben Aufschluss über den Zweck der Bebauung, die Art der Bewirtschaftung und den Bedingungen für eine Bebauung.¹¹⁴

Falls für ein Gebiet noch kein Flächennutzungsplan vorliegt, kann im Rahmen der sogenannten WZiZT (Warunki Zabudowy i Zagospodarowania Terenu, zu Deutsch: AGB der Bau- und Landentwicklung), einer Art Bauvorbescheid, erwirkt werden, in deren Rahmen vorab geklärt werden kann, ob die geplante Nutzung zulässig ist - ohne konkrete Pläne vorlegen zu müssen. Die WZiZT wird i.d.R. vom Gemeindevorsteher oder Bürgermeister erteilt.¹¹⁵ Für die Beantragung des „Bauvorbescheides“ müssen keinerlei Nachweise über Berechtigungen zur tatsächlichen Nutzung des Geländes erbracht werden, sodass weit im Voraus der Durchführung eines Vorhabens geklärt werden kann, ob das Projekt realisierbar ist, und sogar mehrere WZiZT's ausgestellt werden können.¹¹⁶

Damit ein solcher „Vorbescheid“ erteilt werden kann, müssen bestimmte Anforderungen erfüllt sein. Es müssen u.a. benachbarte Grundstücke bebaut sein. Das geplante Vorhaben muss eine ähnliche Art der Bebauung wie diese vorweisen und über einen Anschluss an die Infrastruktur verfügen.¹¹⁷

¹¹⁰ <http://www.rodzinaswoim.pl/> aufgerufen am 31.01.13

¹¹¹ ebenda.

¹¹² Hansel, J.: Kaufen statt mieten, online: <http://www.polen.pl/kaufen-statt-mieten/> (aufgerufen am 31.01.2013).

¹¹³ http://www.bakcms.de/nax/laender-infos/Polen/GleissLutz_Baurecht_Polen.pdf, S. 2 (aufgerufen am 26.01.13).

¹¹⁴ <http://www.brennecke.pro/3691/Grundzuege-des-polnischen-Planungs--und-Baurechts-Teil-I> (aufgerufen am 26.01.13).

¹¹⁵ http://www.bakcms.de/nax/laender-infos/Polen/GleissLutz_Baurecht_Polen.pdf, S. 4 (aufgerufen am 26.01.13).

¹¹⁶ <http://www.brennecke.pro/3692/Grundzuege-des-polnischen-Planungs--und-Baurechts-Teil-II> (aufgerufen am 26.01.13).

¹¹⁷ http://www.bakcms.de/nax/laender-infos/Polen/GleissLutz_Baurecht_Polen.pdf, S. 5 (aufgerufen am 26.01.13).

Die Bauausführung darf erst mit der tatsächlich rechtskräftigen Baugenehmigung aufgenommen werden.¹¹⁸

Die Baugenehmigung ist ein Verwaltungsakt und darf nur durch Berechtigte nach Art. 32 des Baurechtsgesetzes beantragt werden.¹¹⁹ Gebaut werden darf grundsätzlich nur durch einen polnischen Architekten oder Ingenieur mit Bauvorlageberechtigung.¹²⁰

Die Baugenehmigung wird entsprechend des Flächennutzungsplans oder der WZiZT erteilt. Der Antragsteller muss alle erforderlichen Genehmigungen, Stellungnahmen und Versorgernachweise selbst beschaffen und mit dem Antrag einreichen. Welche Unterlagen dem Antrag beigefügt werden müssen, führt das Baurechtsgesetz in Art. 33 aus.¹²¹

Mit dem Antrag wird die Bauplanung eingereicht, welche eine aktuelle Karte mit der geplanten Bewirtschaftung und einen Entwurf der Architektur mit Funktion, Form, Konstruktion und technischen sowie materiellen Details enthalten muss.¹²² Stimmen die eingereichten Unterlagen mit den rechtlichen Anforderungen der Baugenehmigung überein, muss dem Antrag stattgegeben werden.

Der Verwendung gebrauchter Stahlbetonelemente steht von baurechtlicher Seite keine Regelung entgegen, wenn die Anforderungen an die Qualität der eingesetzten Materialien eingehalten werden. Da die Entscheidung über die Baugenehmigung im Gegensatz zur bulgarischen Gesetzeslage keine Ermessenssache ist, spielen subjektive Empfindungen keine Rolle im Ablauf des Genehmigungsprozesses. Ob im Rahmen eines „Vorbescheides“ (WZiZT) die Möglichkeit besteht schon im Voraus zu überprüfen, ob ein Bauvorhaben mit rückgewonnenen Baumaterialien möglich ist, ist zu prüfen. In jedem Fall muss ein polnisches Zertifikat über die Eignung des Baumaterials für die Genehmigung vorliegen.¹²³ Daher muss ein polnischer Prüfenieur zur Feststellung der Qualität hinzugezogen werden.

7.6.3 Transport-Kombinationsmöglichkeiten Cottbus – Zielona Gora

7.6.3.1 LKW

Aufgrund der geringen Entfernung (ca. 110 km) zwischen Cottbus und Zielona Gora ist der Transport der Betonelemente auf der Straße naheliegend (Abb. 44). Hierbei könnten die Bauteile im Idealfall mit lediglich

¹¹⁸ <http://www.brennecke.pro/3693/Grundzuege-des-polnischen-Planungs--und-Baurechts-Teil-III> (aufgerufen am 26.01.13).

¹¹⁹ http://www.bakcms.de/nax/laender-infos/Polen/GleissLutz_Baurecht_Polen.pdf S. 5 (aufgerufen am 26.01.13).

¹²⁰ Aktennotiz – Gespräch mit polnischem Fachplaner, Projekt EFH in Polen, FG Bauliches Recycling, Cottbus, 08.08.2008.

¹²¹ http://www.bakcms.de/nax/laender-infos/Polen/GleissLutz_Baurecht_Polen.pdf, S. 6/7 (aufgerufen am 26.01.13).

¹²² <http://www.brennecke.pro/3696/Grundzuege-des-polnischen-Planungs--und-Baurechts-Teil-IV> (aufgerufen am 26.01.13).

¹²³ Aktennotiz – Gespräch mit polnischem Fachplaner, Projekt EFH in Polen, FG Bauliches Recycling, Cottbus, 08.08.2008.

zwei Umschlägen zur (Re)Montagebaustelle befördert werden, wodurch sich der Kostenaufwand verringert und das mögliche Beschädigungsrisiko minimiert werden könnte.

Im Zuge einer späteren Realisierung wird aufgrund der direkt verlaufenden Transportaufgabe, der lokalen Nähe beider Orte die Empfehlung gegeben, mehrere Kostenangebote verschiedener Logistikunternehmen, wenn möglich aus der Region, einzuholen und im Leistungs- und Preisvergleich gegenüberzustellen. Es ist auch zu prüfen, ob womöglich sogar das Rückbauunternehmen oder auch das ausführende Bauunternehmen den Transport organisiert und durchführt.

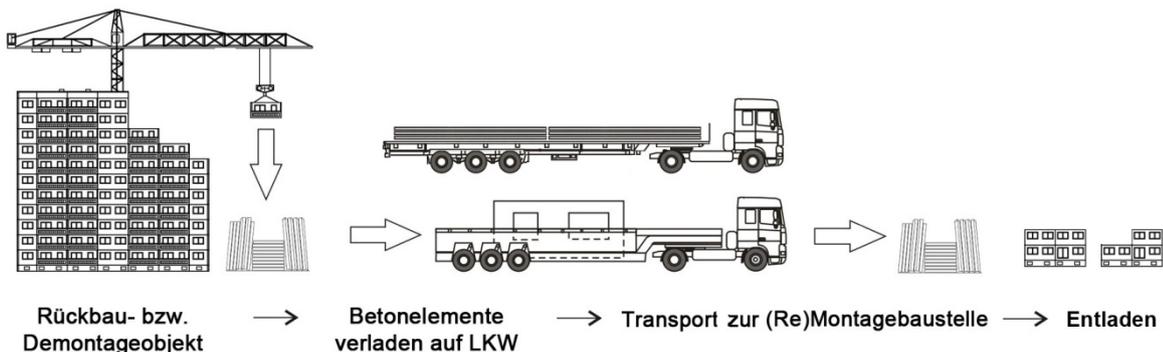


Abb. 44: Direkttransport der BE per LKW (Cottbus – Zielona Gora)

7.6.3.2 LKW – Bahn – LKW

Da sowohl der Ausgangsort Cottbus wie auch der Standort Zielona Gora über einen Gleisanschluss verfügen, ist eine Kombination aus dem Vor- und Nachlauf per LKW und dem Bahntransport möglich.

Die wiederzuverwendenden Bauteile werden von der Rückbaubaustelle mit einem LKW-Vorlauf zum Bahnhof Cottbus transportiert und von dort auf entsprechende Güterwaggons ca. 100 km bis zum Zielbahnhof Zielona Gora befördert (Abb. 46). In Zielona Gora müssen die Bauteile wiederum auf LKW's für den Transport zur (Re)Montage-baustelle umgeschlagen werden (Nachlauf).



Mit mindestens vier Bauteilumschlägen auf dieser vergleichsweise kurzen Strecke ist in Frage zu stellen, ob diese Variante sowohl in Hinsicht auf den Aufwand als auch auf die Kosten sowie des Beschädigungsrisikos als sinnvoll angesehen werden kann. Es ist ggf. die durchgehende Beförderung auf der Straße vorzuziehen.

Abb. 45: Bahnstrecke Cottbus – Zielona Gora¹²⁴

¹²⁴<http://www.alpenverein-krefeld.de/verkehr/fern.gif> (aufgerufen am 09.02.13).

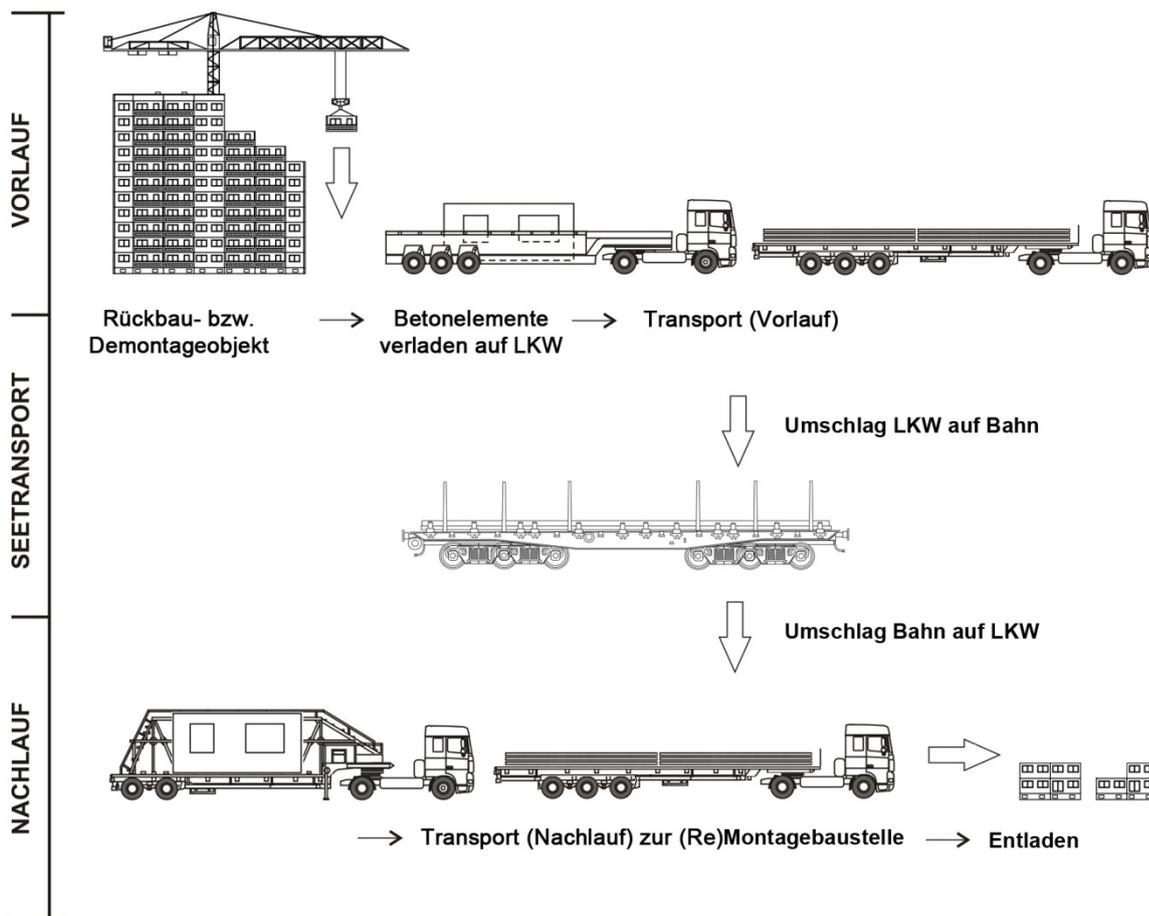


Abb. 46: Transportkette LKW – Bahn - LKW (Cottbus – Zielona Gora)

Tab. 28: Zugnummern für die Strecke Cottbus-Zielona Gora nach DB Schenker Rail AG

von Bahnhof			nach Bahnhof		Entfernung [km]
Land	Nummer	Name	Nummer	Name	
DE	040196	Cottbus	0688	Guben Grenze	39
PL	0688	GUBIN GR	260018	ZIELONA GORA	64
Σ					103 km

7.6.4 TUL-Kosten für den Zielstandort Zielona Gora

7.6.4.1 LKW-Transport

Für die Strecke Cottbus - Zielona Gora von 110 km werden die im Jahre 2007 von der Fachgruppe Bauliches Recycling ermittelten Transportkosten von Deckenplatten (DP), Innen- und Außenwänden (IW / AW) für eine Transportentfernung von 150 km (Basisjahr 2007) als Grundlage für die Kostenermittlung

verwendet¹²⁵. Diese ermittelten bauteilbezogenen LKW-Transportkosten werden nachfolgend mittels des Erzeugerpreisindex für den Straßengüterverkehr¹²⁶ für das III. Quartal des Betrachtungsjahres 2013 preisbereinigt veranschlagt (Tab. 30).

Decken- und Wandbauteile wurden getrennt betrachtet. Aus den Angeboten wurden jeweils für die Decken-, Innen- und Außenwandelemente die Kostenmittelwerte je t und km sowie je m² und km berechnet (Tab. 29).

Tab. 29: Ermittlung LKW-Transportkosten von P2-Betonelementen (Cottbus – Zielona Gora)

LKW-Transportkosten für P2-Betonbauteile (Angebotsjahr 2007) / Transportentfernung 150 km			
Elementesortiment		Kosten je t und km	Kosten je m² und km
		[€/t*km]	[€/m²*km]
P2-Deckenplatten	Mittelwerte (DP)	0,20875	0,06875
P2-Außen- und Innenwände	Mittelwerte (AW)	0,20125	0,065

Tab. 30: LKW-Transportkosten im Straßengüterverkehr (Cottbus - Zielona Gora)

Jahr	Preisindex Binnenfern- verkehr bis 150 km	Deckenplatten		Außen- und Innenwände	
		Kosten DP je t und km	Kosten DP je m² und km	Kosten AW / IW je t und km	Kosten AW / IW je m² und km
		[€/t*km]	[€/m²*km]	[€/t*km]	[€/m²*km]
III/2007	97,6	0,20875	0,06875	0,20125	0,065
III/2013	108,2	0,23142	0,07622	0,22352	0,072

Für die Transportentfernung auf der Straße von 110 km (Cottbus - Zielona Gora) ergeben sich somit preisbereinigt die in Tab. 31 dargestellten bauteilbezogenen Kosten für den LKW-Transport der einzelnen Elementetypen. Die Mittelwerte dieser Kosten ergeben zusammen mit den bauteilbezogenen Kosten für die zwei durchzuführenden Umschläge (Demontageort und (Re)Montageort) die Gesamtkosten je t bzw. je m².

¹²⁵ Mettke, A. et.al.: Wiederverwendung von Plattenbauteilen in Osteuropa. Endbericht – Bearbeitungsphase I, FO-Vorhaben DBU-AZ 22286-23, BTU Cottbus, 2008, S. 223, Tab. 100.

¹²⁶ Statistisches Bundesamt, Fachserie 17, Reihe 9.2: Preise, Preise & Preisindizes für Verkehr, 01/2014, S. 27.

Tab. 31: Ermittelte bauteilbezogene Kosten für den LKW-Transport und Umschläge (Cottbus - Zielona Gora)

Teilprozess	Bauteilbezogene Kosten (2013)	
	€/t	€/m ²
LKW-Transport DP	25,46	8,38
LKW-Transport AW / IW	24,59	7,92
Ø LKW-Transport BE	25,03	8,15
zzgl. 2 Umschläge	6,00	2,40
Σ	31,03 €/t ~ 31 €/t	10,55 €/m ² ~ 10,60 €/t

Für alle die zu transportierenden Elemente sind folglich für den **LKW-Transport (Cottbus – Zielona Gora) inkl. der 2 Bauteilumschläge** auf der Demontage- und (Re)Montagebaustelle insgesamt rd. **14.800,00 €** aufzuwenden (Gesamtmasse: 474,5 t):

Gesamtkosten LKW-Transport:	~ 11.880,00 €
+ Gesamtkosten für 2 Umschläge:	~ 2.850,00 €
=	~ 14.730,00 €

7.6.4.2 LKW – Bahn – LKW

In der hier angenommenen Logistikkette des kombinierten Transports LKW – Bahn – LKW ist es notwendig, die 111 Betonbauteile (Gesamtmasse: 474,5 t) mittels LKW zum Verladeort am Bahnhof Cottbus zu transportieren. Angenommen wird hier eine LKW-Anfahrtstrecke von 25 km. Die bauteilbezogenen LKW-Transportkosten sind hier jedoch für eine geringere Transportentfernung, bezogen auf die Tonnage/km bzw. die Bauteilfläche/km, anzusetzen. Am Zielort in Zielona Gora wird von der gleichen Transportentfernung und einem analogen Kostenansatz des LKW-Transports ausgegangen.

Hierbei wird auf im Endbericht der Bearbeitungsphase I dieses Projektes¹²⁷ ermittelte LKW-Transportkosten ≤ 50 km für Betonelemente aus dem Jahre 2007 sowie auf anteilige Kosten des Bauteiltransports, ebenfalls im Jahr 2007 kalkuliert, zur Errichtung des Vereinshauses in Kolkwitz¹²⁸ zurückgegriffen. Die ermittelten Kostenwerte werden mithilfe des Erzeugerpreisindex für den Straßengüterverkehr¹²⁹ (Nahverkehr bis 50 km) die für das dritte Quartal 2013 preisbereinigt (vgl. Tab. 32).

¹²⁷ Mettke, A. et.al.: Wiederverwendung von Plattenbauteilen in Osteuropa. Endbericht – Bearbeitungsphase I, FO-Vorhaben DBU-AZ 22286-23, BTU Cottbus, 2008, S. 223, Tab. 100.

¹²⁸ Mettke, A.; Asmus, S.et.al.: Ökonomische und ökologische Bilanzierung des Transportes von Betonplattenbauteilen aus dem Rückbau von Wohnbauten in Deutschland in Länder Osteuropas [...], Teil C - Bau eines Vereinshauses in Kolkwitz [...], FG Bauliches Recycling, 2014, Pkt. 10.

¹²⁹ Stat. Bundesamt, Fachserie 17, Reihe 9.2: Preise, Preise & Preisindizes f. Verkehr, Wiesbaden, 01/2014, S. 27.

Tab. 32: Durchschnittliche LKW-Transportkosten (Vor- und Nachlauf) im Straßengüterverkehr (Nahbereich bis 50 km)

Durchschnittliche LKW-Transportkosten für Deckenplatten, Außen- und Innenwände			
Jahr	Preisindex Nahverkehr bis 50 km	Transportkosten BE je t und km [€/t*km]	Transportkosten BE je m² und km [€/m²*km]
III/2007	97,6	0,40	0,145
III/2013	106,6	0,44	0,158

Für die Transportentfernung im Nahbereich Cottbus (Demontagebaustelle – Bahnhof Cottbus) sowie für den Transportweg in Zielona Gora mit jeweils 25 km ergeben sich die in

Tab. 33 dargestellten bauteilbezogenen Kosten für den LKW-Transport. Die Summe aus Transportkosten und Kosten für durchzuführende Umschläge (Demontageort und (Re)Montageort) ergeben die Gesamtkosten je t bzw. je m².

Tab. 33: Ermittelte bauteilbezogene Kosten für den LKW-Transport und Umschläge (Cottbus bzw. Zielona Gora)

Teilprozess	Kosten LKW-Transport und Umschläge (2013)	
	[€/t]	[€/m²]
Ø LKW-Transport BE	11,00	3,95
zzgl. 1 Umschläge	3,00	1,20
Σ	14,00 €/t	5,15 €/m²

Für die insgesamt 111 zu transportierenden BE sind für den **LKW-Transport** im Nahbereich **Cottbus (Vorlauf)** sowie in **Zielona Gora (Nachlauf)** inkl. der **2 Bauteilumschläge** auf der Demontage- und (Re)Montagebaustelle **jeweils rd. 5.220 €** für den **LKW-Transport** sowie **je 1.430 €** für einen **Umschlag** aufzuwenden. Es ergibt sich für Vor- und Nachlauf inkl. der 2 Bauteilumschläge zusammen eine Summe von rd. **13.300,00 €** aufzuwenden (Gesamtmasse: 474,5 t):

Gesamtkosten LKW-Transport /Vor- und Nachlauf):	~ 10.440,00 €
+ Gesamtkosten für 2 Umschläge:	~ 2.850,00 €
≡	~ 13.290,00 €

In Tab. 34 sind die **Transportkosten per Bahn (Cottbus – Zielona Gora)** dargestellt. Die hier aufgeführten Kosten je Waggon wurden der Preisliste der DB Schenker Rail Deutschland AG¹³⁰ entnommen.

¹³⁰DB Schenker Rail AG: Preise und Konditionen der DB Schenker Rail Deutschland AG, gültig ab 01.01.2012, S.11.

Tab. 34: Beladungsart der Güterwaggons und die zugehörigen Kostenwerte (Cottbus – Zielona Gora)

Waggon	Transport- distanz [km]	geladene Masse inkl. Gestelle [t]	geladene Elementart	Stapelart	Kosten je Waggon [€]
1	100	51,25	AW	1+3	1.324,00
2		51,25	AW	1+3	1.324,00
3		38,60	AW	1'+3	959,00
4		70,32	DP+AW	5+3	1.787,00
5		70,32	DP+AW	5+3	1.787,00
6		56,12	DP+AW	5'+3	1.445,00
7		54,52	DP	5+6	1.445,00
8		51,36	AW+IW	4+2	1.324,00
9		51,36	AW+IW	4+2	1.324,00
	Σ	~ 495,1 t	Bahntransport (Cottbus – Zielona Gora)		Σ 12.719,00 €

Dem Bahntransport sind in der Kostenkalkulation 2 Bauteilumschläge (Beladen Waggons im Bahnhof Cottbus, Entladen im Bahnhof Zielona Gora) zu berücksichtigen. Für alle zu transportierenden Elemente sind folglich für den **Bahntransport (Cottbus – Zielona Gora) inkl. der 2 Bauteilumschläge** (ohne Vor- und Nachlauf per LKW) insgesamt **rd. 15.600,00 €** aufzuwenden (Gesamtmasse: 474,5 t):

Gesamtkosten Bahntransport:	12.719,00 €
+ Gesamtkosten für 2 Umschläge:	2.850,00 €
=	~ 15.570,00 €

Die Gesamtkosten, welche für die **Transportkombination LKW – Bahn – LKW (Cottbus – Zielona Gora) inkl. von 4 Bauteilumschlägen** anzusetzen sind, belaufen sich auf in Summe **rd. 28.900,00 €**.

Vorlauf LKW-Transport (25 km):	5.220,00 €
+ Bahntransport (110 km):	12.719,00 €
+ Nachlauf LKW-Transport (25 km):	5.220,00 €
+ Umschlagskosten (4 Umschläge)	5.700,00 €
=	~ 28.860,00 €

Tab. 35: Bauteilbezogenen Kosten für Vor- und Nachlauf per LKW, Bahntransport, Umschläge (Cottbus - Zielona Gora)

Teilprozesse	Bauteilbezogene Kosten (2012)	
	[€/t]	[€/m ²]
LKW-Transport (Vorlauf 25 km)	11,00	3,95
Bahntransport (100 km)	26,81	10,34
LKW-Transport (Nachlauf 25 km)	11,00	3,95
zzgl. 4 Umschläge	12,00	4,80
Σ	60,81 €/t ~ 61 €/t	23,04 €/m ² ~ 23 €/t

7.6.5 Gesamtkosten TUL-Prozesse und Vorbereitung Betonelemente

Nachfolgend sind die vorgeschlagenen Kombinationen des BE-Transports inkl. notwendiger Bauteilumschläge, ausgehend vom Demontageort Cottbus hin zum Verbringungsort Zielona Gora, in

Tab. 36 gegenübergestellt.

Als Vorzugsvariante ist hier der Direkttransport der BE von Cottbus zur (Re)Montagebaustelle in Zielona Gora (110 km) zu wählen. Die Transportkombination aus LKW-Vor- und Nachlauf (je 25 km) und Bahntransport (100 km) stellt sich als doppelt so teure Variante gegenüber dem reinen LKW-Transport dar.

Den TUL-Kosten des LKW-Transports der 111 BE (Cottbus - Zielona Gora) sind im die im Pkt. 7.4 ermittelten Vorbereitungskosten sowie ein Sicherheitsaufschlag von 3 % („Wagnis und Gewinn“)¹³¹ hinzuzurechnen (Tab. 37).

Tab. 36: Gegenüberstellung Transport- und Umschlagskosten sowie Gesamtkosten der Transportvarianten

Bauteilbezogene Transport- und Umschlagskosten für Transportvarianten Cottbus – Zielona Gora			
Transportkombination	Bauteilbezogene Kosten		Gesamtkosten [€]
	[€/t]	[€/m ²]	
LKW-Transport (direkt)	31	10,60	14.800,00
Straßenentfernung Cottbus – Zielona Gora: 110 km			
LKW – Bahn – LKW	61	23	28.900,00
Vorlauf LKW (Demontagebaustelle Cottbus – Bhf. Cottbus, 25 km)			
Bahntransport (Bhf. Cottbus – Bhf. Zielona Gora, 100 km)			
Nachlauf LKW (Bhf. Sofia – (Re)Montageort Sofia, 25 km)			

¹³¹ Mettke, A. et.al.: Wiederverwendung von Plattenbauteilen in einem Vorort von Sankt Petersburg – Teil B, FO-Vorhaben DBU-AZ 22286/02-23, BTU Cottbus, 2011, S. 34.

Tab. 37: Gesamtkosten für das Vorhaben in Zielona Gora

	Bauteilbezogene Kosten		Gesamtkosten [€]
	[€/t]	[€/m ²]	
Transportkosten inkl. Umschlagskosten (LKW-Transport)	31	10,60	14.800,00
Sicherheitsaufschlag von 3 %	0,93	0,32	444,00
Vorbereitungskosten	25	9,60	11.780,00
∑ Gesamtkosten Cottbus – Zielona Gora (LKW-Transport)	~ 57,00 €/t	~ 20,50 €/m²	27.024,00 €

Die **Gesamtkosten** (K_{Ges}) für den direkten **Bauteiltransport der 111 Betonelemente mittels LKW** von der Demontagebaustelle im Nahgebiet Cottbus bis zur (Re)Montagebaustelle in Zielona Gora (Transportentfernung: 110 km) belaufen sich auf insgesamt **rd. 27.000 €**.

7.6.6 Kostenvergleich Bereitstellung Betonbauelemente zur Wiederverwendung gegenüber Neubau der Musterhäuser mit Neubauteilen in Polen

Nachfolgend sind die Kosten für den Logistikaufwand (Transport, Umschlag) inkl. der Vorbereitung der wiederzuverwendenden Außen-, Innenwand- und Deckenelemente aus Stahlbeton aus dem Rückbau von industriell errichteten Wohngebäuden im Nahgebiet Cottbus mit den Preisen für die in Polen häufig praktizierte Massivbauweise in Mauerwerk mit Filigrandecken und Ortbetonverguss verglichen.

7.6.6.1 Gegenüberstellung Kostenaufwand Bereitstellung Altbetonelemente und Neuteilpreise in Polen

Die in Tab. 38 dargestellten Kosten der Bauleistungen für Innen-, Außenwände und Deckenplatten konnten auf Anfrage der FG Bauliches Recycling von einem deutschen Architekturbüro mit Erfahrung im polnischen Bauwesen eingeholt werden.

So wurden als Kosten für massive Außen- und Innenwände 200 € je m³ Bauteilvolumen angegeben. Zu den Kosten für die Filigrandecken inklusive Betondeckung, ebenfalls in Höhe von 200 € je m³, sind die Kosten für den benötigten Bewehrungsstahl von 850 € je t hinzuzuaddieren. Mithilfe der Bauteilparameter (s. Tab. 19) bzw. der erforderlichen Bewehrungsmenge¹³² je m² wurden die Bauteilkosten je m² Bauteilfläche ermittelt.

¹³² Anteil Bewehrung im Stahlbetondeckenplatte (überschlägige Angabe): 10 %.

Tab. 38: Ermittlung der Kosten je m² Bauteilfläche für Neubauteile aus Polen

	Einheit	Kosten [€/m ³]	Bauteiltiefe [m]
Mauerwerk AW	m ³	200,00 €/m ³	0,29
Mauerwerk IW	m ³	200,00 €/m ³	0,15
Stahlbetondecke (Filigrandecke)	m ³	200,00 €/m ³	0,14
Bewehrung	t	850,00 €/t	-

Die Gesamtkosten für alternative Verwendung von konventionellen neuen Baumaterialien aus Polen wurden mithilfe der o.a. Bauteilkosten, der anteiligen Wand- und Deckenbauteilvolumina sowie der Anzahl der verglichenen Betonbauteile errechnet (Tab. 39).

Tab. 39: Elemente- / flächenbezogene Bauteilkosten für den Hausneubau in Polen

Vergleichsbauteile			Bauteilkosten [€/m ³]	Bauteilkosten [€]	Anzahl vergleichbarer Volumenanteile Betonelemente	Σ Kosten neue Materialien [€]
Typ	Bauteil Nr.	Bauteilvolumen [m ³]				
AW	41534	3,80	200,00	760,00	7	5.320,00
AW	41535	3,80	200,00	760,00	3	2.280,00
AW	41550	3,20	200,00	640,00	14	8.960,00
AW	41557	3,20	200,00	640,00	10	6.400,00
AW	41600	3,10	200,00	620,00	8	4.960,00
IW	51501	1,40	200,00	280,00	16	4.480,00
DP	21000	1,50	200,00	300,00	47	14.100,00
DP	21200	0,90	200,00	180,00	6	1.080,00
Bewehrung DP (Masse 53 DP = 178,3 t / 178,3 t * 0,10 ≈ 18 t)			850,00 €/t	15.300,00	-	15.300,00
					Σ 111	62.880,00

Wie in Tab. 40 aufgeführt, beträgt die **Kostendifferenz** aus dem Bauteiltransport inkl. der Umschläge und der Vorbereitung der 111 Betonelemente aus einem Demontageobjekt in Cottbus hin nach Zielona Gora und der Verwendung von neuen Baumaterialien für den Hausbau in analoger Größe aus Mauerwerk und Filigrandecke etwa **36.000 €**.

Tab. 40: Kostenvergleich Verwendung von Neubauteilen aus Polen – TUL- und Vorbereitungskosten von Betonelementen aus Ostdeutschland

		Kosten		Kostendifferenz
		Verwendung von Neubauteilen aus Polen	Gesamtkosten TUL und Vorbereitung Betonelemente	
Gesamtkosten	[€]	~ 63.000	~ 27.000	~ 36.000,00

Es ist festzustellen, dass die **Wiederverwendung von Betonelementen aus Ostdeutschland in Polen am Standort Zielona Gora** im Kostenvergleich zum Neubau der beiden Musterhäuser aus konventionell vor Ort einzusetzenden Bauelementen **wirtschaftlich lohnend** ist. Die Kosten des Bauteiltransports aus Deutschland inkl. der kalkulierten Vorbereitungskosten des hierfür gewählten Elementesortiments betragen etwa nur die Hälfte der ermittelten Kosten für die Verwendung von neuen konventionellen Baumaterialien direkt vor Ort in Zielona Gora.

7.6.6.2 Ermittlung des Break-Even-Point für den Teilprozess Vorlauf des Bauteilsortiments zur Errichtung der Musterhäuser in Zielona Gora

Mit Bezug auf die Untersuchungsergebnisse ist festzustellen, dass eine Verbringung der ausgewählten Betonelemente gegenüber der Bereitstellung neuer Baumaterialien zur Errichtung der beiden Musterhäuser in Zielona Gora sich als wirtschaftlich darstellt. Hierzu ist die maximal mögliche Vorlaufstrecke des gesamten Bauteilsortiments (111 BE) zur Umsetzung des Projektes am (Re)Montagestandort Zielona Gora für die Erzielung eines festgesetzten Kostenvorteils in Bezug auf die Herstellungskosten eines Neubaus aufzuführen. Lässt man die Vorlaufkosten (11.780 €) zunächst außen vor, so sind für die 111 BE die Vorbereitungskosten sowie der Sicherheitsaufschlag (3 %) mit einer Summe von rd. 12.220 € den Neuteilpreisen in Polen gegenüberzustellen und entsprechend der max. Vorlauf per LKW zu bestimmen. Die dabei angenommenen Transportkosten je Tonne und Kilometer werden mit 0,23 €/t*km veranschlagt, da von einer Transportentfernung zu einem Spenderobjekt von mind. 150 km ausgegangen werden kann.

Tab. 41: Ermittlung der maximalen Vorlaufstrecken für den grenzüberschreitenden Transport der BE für den Bau der 2 Musterhäuser in Abhängigkeit festgesetzter Kostenersparnisse

Kostenersparnis	Bauteilgesamtmasse	Kosten Gebäude konventionell (PL) K_{neu} Bauteilsumme	Kosten der Bereitstellung P2-BE K_{Ges} (K_{TUL} ohne Vorlauf)	Anteil der Kosten in Abhängigkeit der Kostenersparnis	max. mögliche Kosten für den Vorlauf	Transportkosten pro Tonne und Kilometer	max. Vorlaufstrecke
[%]	[t]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€/t*km]	[km]
10 %	474,5	63.000	12.220	6.300	44.480	0,23	400
20 %	474,5	63.000	12.220	12.600	38.180	0,23	350
30 %	474,5	63.000	12.220	18.900	31.880	0,23	290
40 %	474,5	63.000	12.220	25.200	25.580	0,23	230
50 %	474,5	63.000	12.220	31.500	19.280	0,23	180

Im Ergebnis ist festzuhalten, um einen erzielbaren Kostenvorteil der Wiederverwendung des hier betrachteten Betonelementesortiments für den Bau der beiden Musterhäuser in Zielona Gora von mindestens 30 – 40 % zu erreichen, sollte die max. Vorlaufstrecke (Spenderort – (Re)Montageort) für die Anlieferung der Betonelemente per LKW nicht mehr als etwa 250 km betragen.

In Abb. 47 ist dargestellt, bis zu welcher Transportstreckenlänge, ausgehend von Zielona Gora, das hier betrachtete Vorhaben sich unter Berücksichtigung einer Mindesteinsparung von 40 % wirtschaftlich lohnt. Die Entfernung von Spenderort und Zielort (Zielona Gora) darf in diesem Fall höchstens ca. 230 km betragen.

Daher ist es ratsam, potenzielle Spendergebäude für Betonelemente im in Abb. 47 dargestellten Radius in Ostdeutschland auszuwählen.

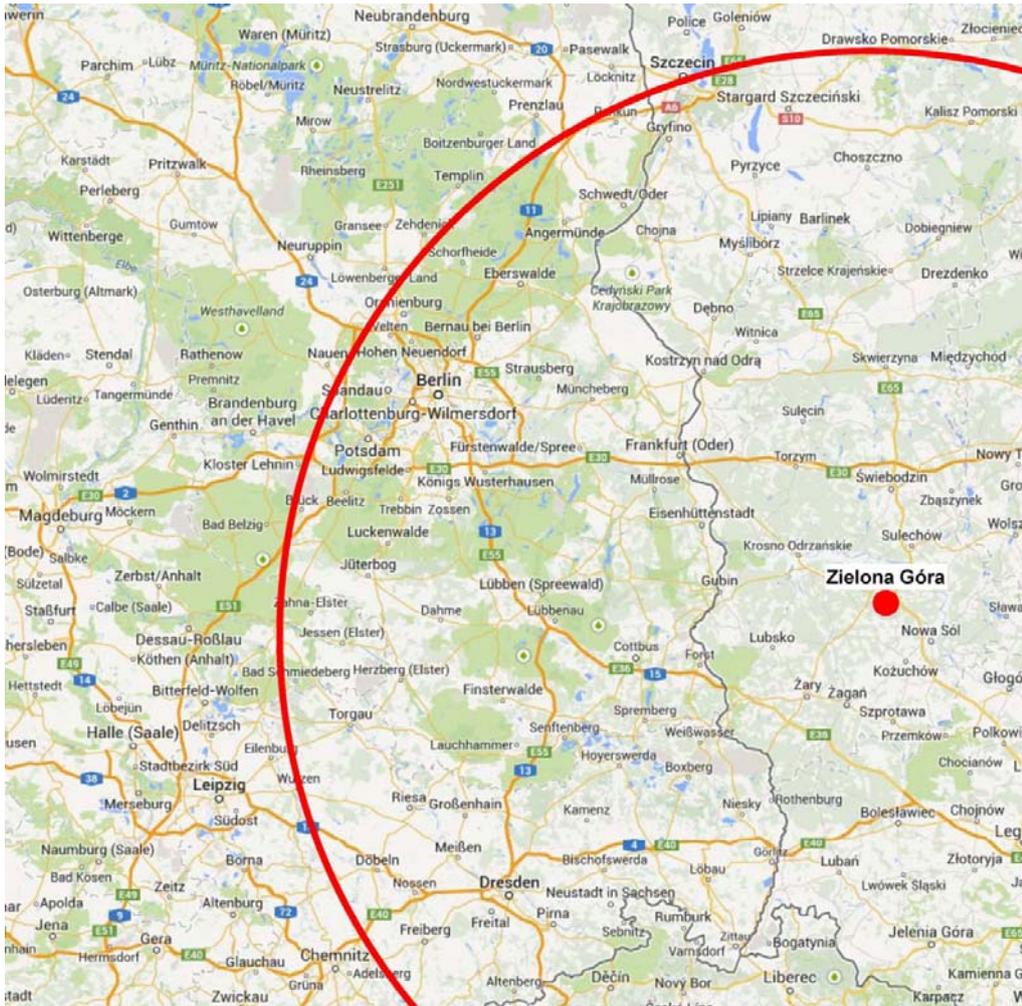


Abb. 47: Maximale Transportentfernung des Spender- und Zielorts für ein sich wirtschaftlich lohnendes Wiederverwendungsvorhaben mit 30 – 40 % Kosteneinsparung¹³³

¹³³ Karte entnommen aus: <http://www.maps.google.de>.

7.7 Wiederverwendungsvorhaben in Bulgarien am Standort Sofia

7.7.1 Skizzierung der Wohnungssituation in Bulgarien

Mit rd. 1,3 Mio. Einwohnern (Stand 01.02.2011) ist Sofia die bevölkerungsreichste Stadt Bulgariens. 17,5 % der gesamten bulgarischen Bevölkerung leben in der Hauptstadt von Bulgarien, Sofia.

Mit über 90 % der gesamten Wohnungen gehört Bulgarien zu den osteuropäischen Ländern, deren Wohnungsmärkte sich durch einen besonders hohen Anteil an Privateigentum auszeichnen - der europäische Durchschnitt liegt hier bei ca. 70 %. Deutschland ist das einzige europäische Land, dessen Miet- den Eigentumssektor übersteigt. Hier liegt der Eigentumsanteil an Wohnungen bei nur etwa 40 %.¹³⁴

Der besonders hohe Eigentumsanteil an Wohnungen in Bulgarien und anderen osteuropäischen Ländern lässt sich u.a. durch die in der zweiten Hälfte der 1990er Jahre einsetzende Privatisierung des öffentlichen Wohnungsbestands erklären. Oft wurden die Wohnungen an ihre aktuellen Bewohner verkauft oder übertragen. Gleichzeitig stieg aber auch die Zahl der Wohnungslosen, u.a. durch den Abbau von Einrichtungsplätzen. Hinzu kam, dass Menschen, die aus sozialen Einrichtungen (z.B. Waisenheimen oder Gefängnissen) entlassen wurden bzw. werden, meist keine bezahlbare Wohnung finden. Zudem ging der Wohnungsneubau in den 1990er Jahren in den meisten europäischen Ländern stark zurück.¹³⁵

Vergleicht man die Anzahl der Wohnungen je 1.000 Einwohner von Bulgarien mit dem europäischen Durchschnitt, so ist kein Wohnungsdefizit erkennbar.¹³⁶ Der Großteil der bulgarischen Bevölkerung lebt jedoch in Erbschaften aus der Vergangenheit. Selbst besonders arme Leute besitzen Häuser. Die soziale Ausgrenzung von Bevölkerungsschichten mit besonders geringem Einkommen äußert sich häufig nicht in Wohnungslosigkeit, sondern in der sehr schlechten Qualität des Wohnungsbestandes und dessen schnellere Amortisation. Die instabile Kombination aus fast vollständig fehlender „Mittelklasse“, unterentwickelter Marktökonomie und weit verstreuten privaten Eigentumsverhältnissen führte bzw. führt immer noch zu sozialen Umschwüngen. Abbruch bzw. Verfall von Wohnhäusern, teilweises Umfunktionieren des Wohnungsbestands und die Konzentration des privaten Eigentums an Wohnungen und Häusern im Zusammenhang mit dem geringen Neubau von Häusern verringern den Wohnungsbestand und die Möglichkeit der Wohnungsbeschaffung. Schon 2003 waren 14 - 15 % der Wohnungen unbewohnt, da der Wohnstandard ungenügend und zum Wohnen größtenteils ungeeignet war. 170.000 Wohnungen waren 2003 „überbelegt“. Die genannten Umstände führten zu einem großen Wohnungsbedarf trotz der hohen Anzahl an Häusern und Wohnungen. Die Spanne zwischen dem jährlichen durchschnittlichen Einkommen und des durchschnittlichen Kaufpreises für Wohnungen / Häuser in Bulgarien vergrößert sich zunehmend und ist doppelt so hoch in Sofia zu verzeichnen.¹³⁷

¹³⁴ Housing Europe Review: The nuts and bolts of European social housing systems, published by CECODHAS Housing Europe's Observatory, Brussels (Belgium), 2012, S.10.

¹³⁵ Busch-Geertsema, V.: Wohnungslosigkeit in der EU (2): Der Blick nach Osteuropa, SOZ/ALEXTRA, 2004.

¹³⁶ Minev, D.: Homelessness in Bulgaria, prepared for FEANTSA, 2003, S. 1.

¹³⁷ ebenda, S. 5.

7.7.2 Rechtliche Aspekte – Bulgarien

Das Baurecht in Bulgarien gliedert sich analog zum deutschen Baurecht in privates und öffentliches Baurecht. Das öffentliche Baurecht prüft dabei die Zulässigkeit im Namen der Allgemeinheit und das private Baurecht regelt die Beziehungen zwischen allen am Bau Beteiligten.¹³⁸

Generell existieren in Bulgarien zwei Möglichkeiten, um das „Recht zu bauen“ zu erwerben: Erstens durch Eigentum an einem Baugrundstück und zweitens durch den Erwerb des Rechts vom Grundstückseigner.¹³⁹

Für Ausländer ist es nicht möglich, Baugrund zu erwerben und darauf eine Immobilie zu errichten, es kann lediglich von einem Grundstücksbesitzer das Recht zur Bebauung erworben werden.¹⁴⁰

Der potenzielle Erwerber muss dazu die Errichtung des Gebäudes durchführen, um Besitzer der Immobilie zu werden. Ein bereits existierendes Gebäude kann ebenso unabhängig vom Grundstück veräußert oder erworben werden. Wird das „Recht zum Bau“ ohne das Grundstück erworben, muss innerhalb von fünf Jahren mit dem Bau begonnen werden und zumindest der Rohbau gemäß Art. 67 des bulgarischen Eigentumsgesetzes fertiggestellt werden.¹⁴¹

Jedes Bauvorhaben ist, wie in Deutschland, baugenehmigungspflichtig.¹⁴² Für das erfolgreiche Baugenehmigungsverfahren muss zuerst geprüft werden, ob der Bebauungsplan eine Bebauung im Rahmen des geplanten Vorhabens zulässt. Ist noch kein Bebauungsplan vorhanden, muss dieser durch einen bulgarischen Architekten angefertigt und genehmigt werden. Ist eine Bebauung zulässig, wird geprüft, ob ein Anschluss an das Versorgungsnetz mit Wasser, Strom, Gas etc. möglich ist. Ist dies nicht der Fall, darf i.d.R. nicht gebaut werden.¹⁴³

Da für die Genehmigung eines Bauvorhabens der „Hauptarchitekt der Gemeinde“ verantwortlich ist und oftmals regionale Architekten bevorzugt werden,¹⁴⁴ empfiehlt es sich im Voraus ortsansässige Architekten in Erwägung zu ziehen, um das Bauvorhaben zu beschleunigen. Die genauen Regelungen zum Baugenehmigungsverfahren befinden sich in Art. 146 ff. des bulgarischen Gesetzes über die Gebietsordnung (GBO).¹⁴⁵

¹³⁸ <http://www.ruskov-law.eu/bulgarien/baurecht.html> (aufgerufen am 24.01.13).

¹³⁹ <http://www.bulgarianlaw.org/construction-rights/> (aufgerufen am 24.01.13)

¹⁴⁰ Trendafcheva, M.: Gesetzliche Grundlagen für Photovoltaik in Bulgarien, online:

<http://www.experten-branchenbuch.de/ratgeber/gesetzliche-grundlagen-fuer-photovoltaikprojekte-in-bulgarien> (aufgerufen am 24.01.2013).

¹⁴¹ <http://www.bulgarianlaw.org/construction-rights/> (aufgerufen am 24.01.13).

¹⁴² <http://www.ruskov-law.eu/bulgarien/baurecht.html> (aufgerufen am 24.01.13).

¹⁴³ <http://architektbulgarien.com/bauen-bulgarien-baugenehmigung> (aufgerufen am 24.01.13).

¹⁴⁴ <http://www.bg-immo.net/bulgar-invest-EU/unsereleistungen/projektbaugenehmigung/index.html> (aufgerufen am 24.01.13).

¹⁴⁵ <http://www.ruskov-law.eu/bulgarien/baurecht.html> (aufgerufen am 24.01.13); Gesetz über die Gebietsordnung (GBO, bulg.: Закон за устройство на територията).

Für die Kontrolle während der Fertigstellung des Bauvorhabens sind die Art. 14, 15 und 16 des bulgarischen Gesetzes über die Gebietsordnung (GBO) zu beachten.

Art. 14 GBO stellt einen Soll-Ist-Vergleich zum Zeitpunkt des Rohbaus dar, während Art. 15 die Fertigstellung des Vorhabens dokumentiert. Art. 16 dient als „Erlaubnis“ für die Nutzung des Gebäudes und entspricht daher einer Abnahme oder Übergabe.¹⁴⁶

Im Rahmen der Recherche fanden sich keine gesetzlichen Regelungen, die einem Bauprojekt mit Altbetonelementen entgegenstehen. Allerdings ist die Erteilung der Baugenehmigung von dem verantwortlichen Architekten der Gemeinde und damit von dessen persönlicher / rechtlich konformer Einschätzung des Vorhabens abhängig.

7.7.3 Transport-Kombinationsmöglichkeiten Cottbus – Sofia

7.7.3.1 LKW-Transport

Die Variante mit der niedrigsten Anzahl an Umschlägen ist der durchgehende LKW-Transport von der Demontage- zur (Re)Montagebaustelle mit einer zurückzulegenden Strecke von ca. 1.600 km.

Durch die geringe Anzahl der Be- und Entladevorgänge besteht bei dieser Kombination das geringste Risiko einer Bauteilbeschädigung durch die Minimierung an Umschlägen.

7.7.3.2 LKW – Bahn – LKW

Für den Standort Sofia kommt alternativ die Transportkombination aus Vor- und Nachlauf per LKW und Bahntransport in Frage (s. Abb. 48). Dabei werden die Betonelemente auf der Demontagebaustelle mittels Kran auf LKW-Sattelzüge verladen und sukzessiv zur Verladestelle am Bahnhof Cottbus transportiert (Vorlauf). Hier erfolgt der Umschlag der Bauteile auf die entsprechenden Güterwaggons, welche dann eine Strecke von ca. 2.000 km auf dem Schienenweg (Abb. 48) über Österreich, Ungarn und Serbien bis zum Zielbahnhof in Bulgarien zurücklegen (Tab. 42).

Tab. 42: Zugnummern Strecke Cottbus - Sofia nach DB Schenker Rail AG

von Bahnhof			nach Bahnhof		Entfernung
Land	Nummer	Name	Nummer	Name	[km]
DE	040196	Cottbus	0460	Passau Hbf	601
AT	0460	Passau Hbf	0601	Nickelsdorf (Gr)/Hegyeshalom	375
HU	0601	Hegyeshalom hatar	0711	Kelebia hatar	343
RS	0711	Subotica granica	0620	Dimitrovgrad granica	548
BG	0620	DRAGOMAN FR.	260018	SOFIA-SEVER	59
Σ					1.926 km

¹⁴⁶ <http://www.bulgarianlaw.org/construction-rights/> (aufgerufen am 24.01.13).

In Bulgarien erfolgt im Zielbahnhof Sofia-Sever der Umschlag der Stahlbetonelemente von der Bahn auf LKW's für den Nachlauf zur (Re)Montagebaustelle. Auf der (Re)Montagebaustelle erfolgt der letzte Umschlag.



Abb. 48: Transportroute für den Bahntransport Cottbus - Sofia¹⁴⁷

7.7.3.3 LKW – Schiff – LKW

Als weitere Möglichkeit ist über den Transport der Betonelemente in der Kombination aus LKW (Vor- und Nachlauf) und Binnenschifftransport über die Donau bzw. bereits über den Main-Donau-Kanal nachzudenken (Abb. 49, Abb. 50).

Zunächst werden die Betonelemente mittels LKW im Vorlauf von Cottbus zum Binnenhafen an der Donau, hier gewählt Regensburg, verbracht (450 km). Dort erfolgt der Umschlag der BE mittels Hafenmobilkran oder zusammengefasst auf RoRo-Trailern auf einen Leichter, welcher dann im Schubverband bis zum Zielhafen Vidin in Bulgarien auf der Donau flussabwärts (Fahrstrecke: 1.600 km, Fahrzeit: ca. 120 h). An den jeweiligen Häfen können die Elemente direkt am Kai mittels Kran ins Schiff geladen werden.

Der Nachlauf vom Zielhafen Vidin zum zur (Re)Montagebaustelle in Sofia (230 km) erfolgt erneut per LKW.

¹⁴⁷http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/40/Railroad_Map_Europe_Main_Lines.gif/1280px-Railroad_Map_Europe_Main_Lines.gif (aufgerufen am 09.02.13).



Abb. 49: Verlauf der Donau¹⁴⁸

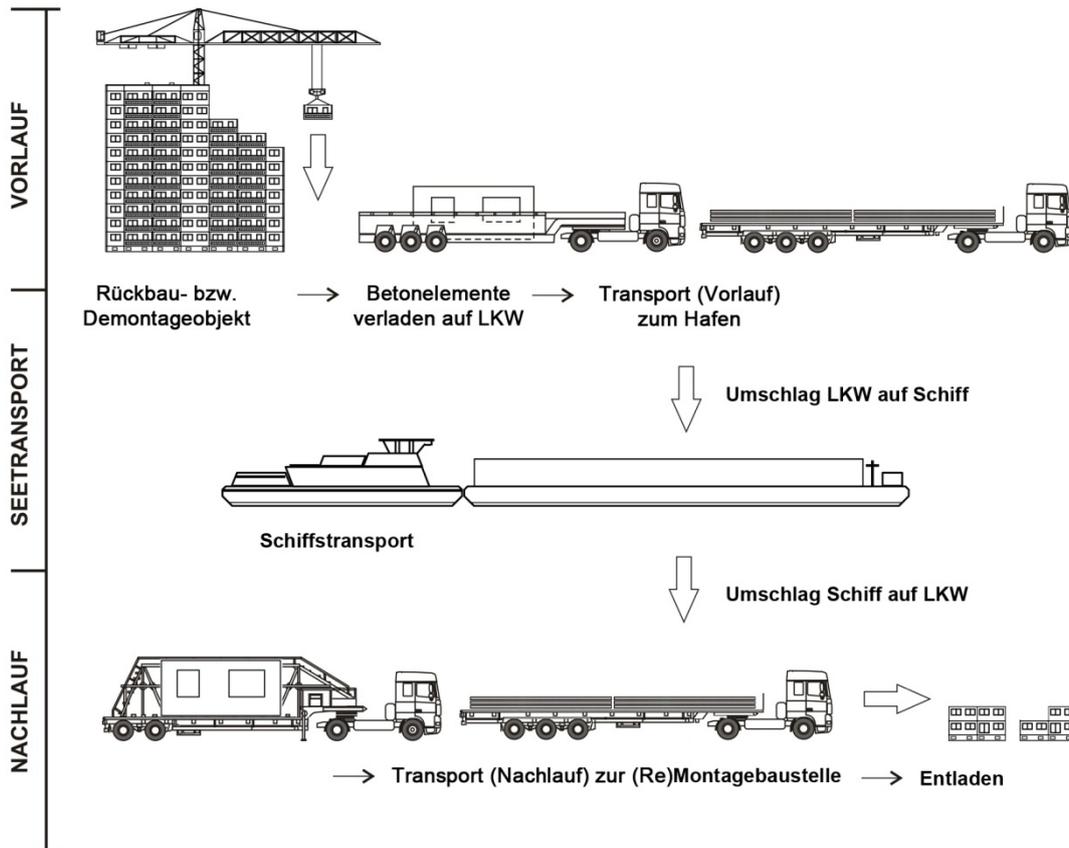


Abb. 50: Transportkette Kombination LKW – Schiff – LKW (Cottbus – Sofia)

¹⁴⁸ <http://www.donauschiffahrt.info> (aufgerufen: 09.02.2013)

7.7.4 TUL-Kosten für den Zielstandort Sofia

7.7.4.1 LKW-Transport

Eine Untersuchung der Transportkosten von Deckenplatten (DP), Innen- und Außenwänden (IW / AW) erfolgte 2007 bei der FG Bauliches Recycling¹⁴⁹. Es werden nachstehend nur die Speditionsangebote mit der größten angegebenen Entfernung von 350 km verwertet.

Für die Strecke Cottbus - Sofia von etwa 1.600 km werden die in Tab. 43 aufgeführten Kostenmittelwerte als Grundlage für die LKW-Transportkostenermittlung verwendet und mithilfe des Erzeugerpreisindex für den Straßengüterverkehr¹⁵⁰ die nachstehend ermittelten Kostenwerte für das III. Quartal 2013 preisbereinigt (Tab. 44) je t und km sowie je m² und km berechnet.

Tab. 43: Ermittlung LKW-Transportkosten von P2-Deckenplatten, P2-Außen- und Innenwänden (Cottbus - Sofia)

LKW-Transportkosten für P2-Betonbauteile (Angebotsjahr 2007) / Transportentfernung 350 km			
Elementesortiment		Kosten [€/t*km]	Kosten [€/m ² *km]
P2-Deckenplatten	Mittelwerte (DP)	0,1125	0,0375
P2-Außenwände	Mittelwerte (AW)	0,10333	0,04583
P2-Innenwände	Mittelwerte (IW)	0,11125	0,04

Tab. 44: LKW-Transportkosten im Straßengüterverkehr (Cottbus - Sofia)

Jahr	Preisindex Grenzüber- schreitender Verkehr	Deckenplatten		Außenwände		Innenwände	
		Kosten DP je t und km	Kosten DP je m ² und km	Kosten AW je t und km	Kosten AW je m ² und km	Kosten IW je t und km	Kosten IW je m ² und km
		[€/t*km]	[€/m ² *km]	[€/t*km]	[€/m ² *km]	[€/t*km]	[€/m ² *km]
III/2007	97,6	0,1125	0,0375	0,10333	0,04583	0,11125	0,04
III/2013	105	0,12103	0,0403	0,1112	0,04931	0,1197	0,043

Es ergeben sich hieraus die in Tab. 45 preisbereinigt dargestellten bauteilbezogenen Kosten für den LKW-Transport der einzelnen Elementetypen (Strecke Cottbus – Sofia: 1.600 km). Die Mittelwerte dieser Kosten ergeben zusammen mit den bauteilbezogenen Kosten für die zwei durchzuführenden Umschläge (Demontageort-LKW und (Re)Montageort-LKW) die Gesamtkosten je t bzw. je m².

¹⁴⁹ Mettke, A. et.al.: Wiederverwendung von Plattenbauteilen in Osteuropa. Endbericht – Bearbeitungsphase I, FO-Vorhaben DBU-AZ 22286-23, BTU Cottbus, 2008, S. 223, Tab. 100.

¹⁵⁰ Statistisches Bundesamt, Fachserie 17, Reihe 9.2: Preise, Preise & Preisindizes für Verkehr, 01/2014, S. 27.

Tab. 45: Bauteilbezogene Kosten für den LKW-Transport und Umschläge (Cottbus - Sofia)

Teilprozess	Bauteilbezogene Kosten (2013)	
	[€/t]	[€/m²]
LKW-Transport DP	193,65	64,48
LKW-Transport AW	177,92	78,90
LKW-Transport IW	191,52	68,80
Ø LKW-Transport BE	187,70	70,73
zzgl. 2 Umschläge	6,00	2,40
Σ	~ 194 €/t	~ 73 €/m²

Für alle zu transportierenden Elemente sind folglich für den **LKW-Transport (Cottbus – Sofia) inkl. der 2 Bauteilumschläge** auf der Demontage- und (Re)Montagebaustelle insgesamt rd. **91.900,00 €** aufzuwenden (Gesamtmasse: 474,5 t):

Gesamtkosten LKW-Transport:	~ 89.060,00 €
+ Gesamtkosten für 2 Umschläge:	~ 2.850,00 €
=	~ 91.910,00 €

7.7.4.2 LKW – Bahn – LKW

Innerhalb der Logistikkette des kombinierten Transports LKW – Bahn – LKW ist es notwendig, die 111 Betonbauteile (Gesamtmasse: 474,5 t) mittels LKW sowohl im Vorlauf zum Verladeort am Bahnhof Cottbus als auch im Nachlauf am Zielort Sofia zu transportieren. Angenommen wird hier eine LKW-Anfahrtstrecke von jeweils 25 km.

Hierbei entsprechen die kalkulierten LKW-Transportkosten den bereits im 7.6.4.1 ermittelten Werten.

Für die insgesamt 111 zu transportierenden BE sind für den **LKW-Transport** im Nahbereich **Cottbus (Vorlauf) bis zum Bahnhof Cottbus** sowie in **Sofia ab Bahnhof (Nachlauf) inkl. der 2 Bauteilumschläge** auf der Demontage- und (Re)Montagebaustelle **jeweils rd. 5.220 €** für den **LKW-Transport** sowie **je 1.430 €** für einen **Umschlag** aufzuwenden. Es ergibt sich für Vor- und Nachlauf inkl. der 2 Bauteilumschläge zusammen eine Summe von rd. **13.300,00 €** aufzuwenden (Gesamtmasse: 474,5 t):

Gesamtkosten LKW-Transport /Vor- und Nachlauf):	~ 10.440,00 €
+ Gesamtkosten für 2 Umschläge:	~ 2.850,00 €
=	~ 13.290,00 €

Grundlage für die Kostenermittlung des **Bahntransportes** sind die " Allgemeinen Bestimmungen für Gütertransportleistungen mit Allgemeiner Preisliste" herausgegeben von der DB SCHENKER-RAIL AG¹⁵¹. Aus diesen können basierend auf dem gewählten Wagentyp und der jeweiligen Ladungsmasse die Preise pauschal entnommen werden. Eventuelle Standgelder wurden nicht berücksichtigt, da solche bei einer Transportkette „just-in-time“ entfallen, wovon im Rahmen dieser Arbeit ausgegangen wird.

Da die pauschalen Preise nach Ladungsmasse und Wagenart nur für eine Strecke bis 1.500 km in der o.a. Preisliste ausgewiesen sind, wurden die Preise aufgrund der durchschnittlichen Preiszunahme der Entfernungstrecken von 1.000 km auf 1.500 km ermittelt und die Kosten so auf eine Strecke von 2.000 km hochgerechnet (Cottbus – Sofia: ca. 1.900 km). Für das in 7.3.2 ermittelte Beladungskonzept ergeben sich demnach die in Tab. 46 aufgeführten Kosten.

Tab. 46: Beladungsart der Güterwagons und die zugehörigen Kostenwerte (Cottbus - Sofia)

Waggon	Transportdistanz [km]	geladene Masse inkl. Gestelle [t]	geladene Elementart	Stapelart	Kosten je Waggon [€]
1	2.000	51,25	AW	1+3	7.174,00
2		51,25	AW	1+3	7.174,00
3		38,60	AW	1'+3	5.196,00
4		45,97	DP	5	6.521,50
5		45,97	DP	5	6.521,50
6		56,12	DP+AW	5'+3	7.837,00
7		54,52	DP	5+6	7.837,00
8		51,36	AW+IW	4+2	7.174,00
9		51,36	AW+IW	4+2	7.174,00
10		48,70	AW	3 + 3	6.521,50
	Σ	~ 495 t	Kosten Bahntransport (Cottbus – Sofia)		Σ ~ 69.130,00 €

Die Umschläge des Vor- und Nachlaufs für den Bahntransport können grundsätzlich durch das Bahnunternehmen im jeweiligen Bahnhof vorgenommen werden. Jedoch konnten bei der Recherche keine genauen Auskünfte diesbezüglich gewonnen werden, sodass die Umschläge gesondert in die Kostenermittlung eingehen.

Für die ca. 1.900 km lange Strecke von Cottbus nach Sofia per Bahn ergeben sich somit die in Tab. 47 dargestellten bauteilbezogenen Transportkosten der Altbetonelemente. Für die betrachtete Transportkombination sind insgesamt zwei Umschläge anzusetzen berücksichtigen: LKW – Güterwaggon sowie Güterwaggon – LKW (bzw. Zwischenlager Zielbahnhof).

¹⁵¹ DB Schenker Rail AG: Preise und Konditionen der DB Schenker Rail Deutschland AG, gültig ab 01.01.2012, S.11.

Tab. 47: Ermittelte bauteilbezogene Kosten für den Bahntransport und Umschläge (Cottbus - Sofia)

Teilprozess	Bauteilbezogene Kosten (2012)	
	€/t	€/m ²
Bahntransport	145,69	56,22
zzgl. 2 Umschläge	6,00	2,40
Σ Bahntransport BE	~ 152 €/t	59 €/m²

Für alle zu transportierenden Elemente sind folglich für den **Bahntransport (Cottbus – Sofia) inkl. der 2 Bauteilumschläge** (ohne Vor- und Nachlauf per LKW) insgesamt **rd. 72.000,00 €** aufzuwenden (Gesamtmasse: 474,5 t):

Gesamtkosten Bahntransport:	~ 69.130,00 €
+ Gesamtkosten für 2 Umschläge:	2.850,00 €
=	~ 71.980,00 €

Die Gesamtkosten, welche für die kombinierte **Transportkombination LKW – Bahn – LKW** (Cottbus – Sofia) **inkl. von 4 Bauteilumschlägen** anzusetzen sind, belaufen sich auf insgesamt **rd. 85.300,00 €**

Vorlaufkosten LKW-Transport:	5.220,00 €
+ Bahntransport:	69.130,00 €
+ Nachlaufkosten LKW-Transport:	5.220,00 €
+ Umschlagskosten	5.700,00 €
=	85.270,00 €

Daraus ergeben sich bauteilbezogene Gesamtkosten von **rd. 180 €/t** bzw. **rd. 70 €/m² Bauteilfläche**.

7.7.4.3 LKW – Schiff – LKW

Wie in Pkt. 7.3.3 und Pkt. 7.7.3.3 erläutert, ist im Ansatz der Binnentransport der 111 Betonelemente (Gesamtmasse BE: 474,5 t) über die Donau möglich. Dies gilt es nachfolgend mit Kosten zu untersetzen.

Zunächst sind die Vor- und Nachlaufkosten per LKW zu ermitteln. Die Transportentfernung im Vorlauf beträgt vom Demontageort Cottbus zum Binnenhafen an der Donau in Regensburg ca. 450 km. Vom bulgarischen Donauhafen Vidin ist ein LKW-Nachlauf bis zum Zielort Sofia nötig (Entfernung: 230 km). In den beiden Häfen sollen die Betonelemente zwischengelagert werden bis zur endgültigen Verschiffung. Entsprechend sind Bauteilumschläge jeweils in den Binnenhäfen wie auch auf der Demontagebaustelle und am Zielort einzuplanen.

Die zugehörigen bauteilbezogenen Kosten sind den Tab. 48 bis Tab. 51 zu entnehmen. Dabei werden die von der FG Bauliches Recycling im Jahre 2007 bzw. 2010 ermittelten LKW-Transportkosten für eine

Transportentfernung von ≥ 350 km (Vorlauf) bzw. 250 km (Nachlauf) für den Betonelementetransport als Grundlage für die Kostenermittlung verwendet¹⁵² und mittels des Erzeugerpreisindex für den Straßengüterverkehr¹⁵³ für das III. Quartal des Betrachtungsjahres 2013 preisbereinigt in €/t bzw. €/m² in Abhängigkeit der Transportentfernung angegeben.

Tab. 48: LKW-Transportkosten für die Strecke Cottbus – Donauhafen Regensburg (Vorlauf)

LKW-Transportkosten für Betonbauteile (Angebotsjahr 2007) / Transportentfernung ≥ 350 km		
Elementesortiment	Kosten je t und km [€/t*km]	Kosten je m² und km [€/m ² *km]
Betonelemente (Mittelwert)	0,108	0,042

Tab. 49: LKW-Transportkosten für das Jahr 2013 - Strecke Cottbus – Donauhafen Regensburg (Vorlauf)

Jahr	Preisindex Straßengüterverkehr über 150 km	Transportkosten Betonelemente	
		Kosten je t und km [€/t*km]	Kosten je m² und km [€/m ² *km]
III. Quartal 2007	97,6	0,108	0,042
III. Quartal 2013	106,4	0,118	0,046

Tab. 50: LKW-Transportkosten für die Strecke Donauhafen Vidin – Sofia (Nachlauf)

LKW-Transportkosten für Betonbauteile (Angebotsjahr 2007) / Transportentfernung 250 km		
Elementesortiment	Kosten je t und km [€/t*km]	Kosten je m² und km [€/m ² *km]
Betonelemente (Mittelwert)	0,12	0,04

¹⁵² ebenda, S. 23 – 27 und Mettke, A. et.al.: Wiederverwendung von Plattenbauteilen in Osteuropa. Endbericht – Bearbeitungsphase I, FO-Vorhaben DBU-AZ 22286-23, BTU Cottbus, 2008, S. 223, Tab. 100.

¹⁵³ Statistisches Bundesamt, Fachserie 17, Reihe 9.2: Preise, Preise & Preisindizes für Verkehr, 01/2014, S. 27.

Tab. 51: LKW-Transportkosten das Jahr 2013 - Strecke Donauhafen Vidin – Sofia (Nachlauf)

Jahr	Preisindex Grenzüberschreitender Straßengüterverkehr über 150 km	Transportkosten Betonelemente	
		Kosten je t und km [€/t*km]	Kosten je m ² und km [€/m ² *km]
III. Quartal 2007	97,6	0,12	0,04
III. Quartal 2013	105,0	0,1291	0,043

Für die Transportentfernung auf der Straße von 450 km im Vorlauf (Cottbus - Regensburg) bzw. im Nachlauf über 230 km (Vidin – Sofia) ergeben sich somit preisbereinigt die in Tab. 52 dargestellten bauteilbezogenen Kosten für den LKW-Transport sowie für jeweils zwei durchzuführende Umschläge (Demontageort und (Re)Montageort) je t bzw. je m².

Tab. 52: Ermittelte bauteilbezogene Kosten für den LKW-Transport und Umschläge (Vor- und Nachlauf)

Teilprozess	Bauteilbezogene Kosten (2013)	
	[€/t]	[€/m ²]
Vorlauf 450 km (Cottbus – Regensburg)		
LKW-Transport BE	53,10	20,70
zzgl. 2 Umschläge	6,00	2,40
Σ	~ 59 €/t	~ 22 €/t
Nachlauf 230 km (Vidin – Sofia)		
LKW-Transport BE	29,69	9,89
zzgl. 2 Umschläge	6,00	2,40
Σ	~ 37 €/t	~ 13 €/t

Für alle zu transportierenden Elemente (450 km) sind im **Vorlauf** für den **LKW-Transport (Cottbus – Binnenhafen Regensburg)** inkl. **2 Bauteilumschlägen** auf der Demontagebaustelle insgesamt **rd. 28.100,00 €** aufzuwenden (Gesamtmasse BE: 474,5 t):

Gesamtkosten LKW-Transport (Vorlauf):	~ 25.200,00 €
+ Gesamtkosten für 2 Umschläge:	~ 2.850,00 €
=	~ 28.050,00 €

Für den **Nachlauf** (230 km) per **LKW-Transport (Binnenhafen Vidin – Sofia) inkl. 2 Bauteilumschläge** im Donauhafen Vidin sowie auf der (Re)Montagebaustelle sind in Summe **rd. 17.000,00 €** aufzuwenden (Gesamtmasse BE: 474,5 t):

Gesamtkosten LKW-Transport (Nachlauf):	~ 14.090,00 €
+ Gesamtkosten für 2 Umschläge:	~ 2.850,00 €
=	~ 16.940,00 €

Die notwendigen **Transportkosten** für den **Vor- und Nachlauf per LKW** in der kombinierten Variante LKW – Binnenschiff – LKW belaufen sich bereits auf insgesamt **rd. 45.000 €**

An dieser Stelle wird daher darauf verzichtet, den Transport der Betonelemente auf dem Binnenwasserweg, d.h. der Donau, weiter zu betrachten, da bereits hier ersichtlich wird, dass die LKW-Transportkosten im Vor- und Nachlauf die Kosten für neue Materialien in Bulgarien, dargelegt in 7.7.6, hoch ausfallen. Somit ergibt sich mit jetzigem Kenntnisstand für die **Transportkombination LKW – Binnenschiff – LKW kein Kostenvorteil** für eine Wiederverwendung von Betonelementen aus dem Gebäuderückbau in Ostdeutschland in Bulgarien.

7.7.5 Gesamtkosten für die TUL-Prozesse und der Vorbereitung der Betonelemente für den Zielstandort Sofia

Nachfolgend sind favorisierten Kombinationen des Betonelementetransports inkl. notwendiger Bauteilumschläge zusammenfassend in Tab. 53 nochmals gegenübergestellt. Dabei wird vergleichend nur noch auf den direkten LKW-Transport und die Kombination aus LKW und Bahn eingegangen.

Der in Pkt. 7.7.3.3 vorgeschlagene Transport der Betonelemente vom Demontageort Cottbus hin zur (Re)Montagebaustelle in Sofia in der Kombination aus Schiffstransport über die Donau sowie Vor- und Nachlauf per LKW fällt in der weiteren Betrachtung weg.

Bei den hier ermittelten Kosten handelt es sich um eine Kostenschätzung. Dennoch wird deutlich, dass sich, wie in Tab. 53 ersichtlich, die Kosten des Transports inkl. der Umschläge der 111 BE für den LKW-Transport wie auch für den kombinierten Transport LKW – Bahn – LKW in etwa die Waage halten.

Tab. 53: Transport- und Umschlagskosten sowie Gesamtkosten der Transportvarianten (Cottbus – Sofia)

Bauteilbezogene Transport- und Umschlagskosten für Transportvarianten Cottbus – Sofia			
Transportkombination	Bauteilbezogene Kosten		Gesamtkosten
	[€/t]	[€/m²]	[€]
LKW-Transport (direkt)	~ 194	~ 73	~ 91.900,00
Straßenentfernung Cottbus – Sofia: 1.600 km			
LKW – Bahn – LKW	~ 180	~ 70	~ 85.300,00
Vorlauf LKW (Demontagebaustelle Cottbus – Bhf. Cottbus, 25 km)			
Bahntransport (Bhf. Cottbus – Bhf. Sofia, 1.900 km)			
Nachlauf LKW (Bhf. Sofia – (Re)Montageort Sofia, 25 km)			

Obwohl die kalkulierten Kosten für den Bahntransport kalkuliert etwas niedriger als der finanzielle Aufwand des direkten Bauteiltransport per LKW (Preisdifferenz ca. 6.600 €) wird dennoch empfohlen, den LKW-Transport der 111 BE in Erwägung zu ziehen. Gründe sind hierfür aus praktischer Sicht und im Hinblick auf zu erwartende Kosten in der höheren logistischen, zeitlichen wie auch finanziellen Flexibilität zu sehen (*Die ökologischen Aspekte, bspw. Treibstoffverbrauch der Zugfahrzeuge Sattelzugmaschine bzw. Lokomotive, könnten ggf. eine umgekehrte Empfehlung zur Folge haben. Hierzu müsste aber anhand eines realen Praxisfalls eine Nachweisführung erfolgen*).

Im nächsten Schritt sind nun die TUL-Kosten der gewählten Variante des direkten LKW-Transports der BE von Cottbus nach Sofia in Verbindung mit den vorab in Pkt. 7.4 ermittelten Vorbereitungskosten sowie mit einem Sicherheitsaufschlag von 3 % („Wagnis und Gewinn“)¹⁵⁴ als Gesamtkosten der Transportaufgabe Cottbus – Sofia anzugeben (Tab. 54).

Die **Gesamtkosten** für den **LKW-Direkttransport** der **111 Betonelemente** vom Demontageort **Cottbus** zum Zielort **Sofia**, zusammengesetzt aus Transport- und Umschlagskosten, einem Sicherheitsaufschlag von 3 % sowie veranschlagter Vorbereitungskosten, belaufen sich auf insgesamt **rd. 106.500 €**.

Tab. 54: Gesamtkosten für den direkten LKW-Transport der 111 Betonelemente (Cottbus – Sofia)

	Bauteilbezogene Kosten		Gesamtkosten
	[€/t]	[€/m ²]	[€]
Transportkosten inkl. Umschlagskosten (LKW-Transport)	~ 194	~ 73	~ 91.900,00
Sicherheitsaufschlag von 3 %	5,82	2,19	~ 2.760,00
Vorbereitungskosten	~ 25	~ 9,60	11.780,00
Σ Gesamtkosten Cottbus – Sofia (LKW-Transport)	~ 225 €/t	~ 85 €/m²	~ 106.440,00 €

7.7.6 Kostenvergleich Kosten Bereitstellung Betonbauelemente zur Wiederverwendung gegenüber Neubau der Musterhäuser mit Neubauteilen in Bulgarien

Nachfolgend werden die aufzuwendenden TUL-Kosten für die wiederzuverwendenden Außen-, Innenwand- und Deckenelemente aus Stahlbeton aus Ostdeutschland mit den Preisen für die in Bulgarien häufig anzutreffende Massivbauweise aus Mauerwerk und Stahlbetondecke verglichen.

Die in Tab. 55 dargestellten Kosten der Bauleistungen für Innen-, Außenwände und Deckenplatten stammen von einem bulgarischen Bauunternehmen.

¹⁵⁴ Mettke, A. et.al.: Wiederverwendung von Plattenbauteilen in einem Vorort von Sankt Petersburg – Teil B, FO-Vorhaben DBU-AZ 22286/02-23, BTU Cottbus, 2011, S. 34.

Einbezogen wurden hierbei sowohl die Arbeitskosten als auch die Materialkosten je Einheit (m³ bzw. m²) für neu zu errichtende Wände in Mauerwerk und der Deckenplatten in Stahlbeton. Letzteren werden noch die Kosten für den benötigten Bewehrungsstahl von 700 € je t in den Ansatz gebracht. Mithilfe der bekannten Bauteilparameter (s. Pkt. 7.2) bzw. der erforderlichen Bewehrungsmenge¹⁵⁵ je m² werden die Bauteilkosten je m² Bauteilfläche bzw. m³ Bauteilvolumen ermittelt und in Euro umgerechnet.

Tab. 55: Ermittlung der Kosten je m³ Bauteilvolumen / m² Bauteilfläche für Neubauteile aus Bulgarien

	Einheit	Arbeitskosten je Einheit [BGN]	Materialkosten je Einheit [BGN]	Bauteil- tiefe	Kosten je m ² [BGN]	Kosten gesamt [€]*
Mauerwerk Außenwände	m ³	-	80,00	0,29	80,00 BGN/m ³	40,93 €/m ³
Mauerwerk Innenwände	m ²	-	14,00	0,15	14,00 BGN/m ²	7,16 €/m ²
Stahlbetondeckenplatten	m ³	-	120,00	0,14	120,00 BGN/m ³	61,40 €/m ³
Ausführung Rohbau Mauerwerkskonstruktion	m ²	52,00	-	-	52,00 BGN/m ²	26,60 €/m ²
Ausführung Rohbau Stahlbetonkonstruktion	m ²	68,00	-	-	68,00 BGN/m ²	34,79 €/m ²
Montage Betonstahl	kg	0,35	1,00	-	1,35 BGN/kg	700 €/t

*Umrechnungskurs 1:0,5116 (BGN:EUR); Stand 19.02.2013 15:00 Uhr

Die Gesamtkosten für alternative Verwendung von konventionellen neuen Baumaterialien aus Bulgarien wurden mithilfe der o.a. Bauteilkosten, der anteiligen Wand- und Deckenbauteilfläche bzw. -volumina sowie der Anzahl der verglichenen Betonbauteile errechnet (Tab. 56).

¹⁵⁵ Anteil Bewehrung im Stahlbetondeckenplatte (überschlägige Angabe): 10 %.

Tab. 56: Ermittlung der elementebezogenen Bauteilkosten für den Neubau in Bulgarien

Vergleichsbauerteile			Bauteil- kosten [€/m ² / €/m ³]	Bauteil- kosten [€]	Anzahl vergleichbarer Volumenanteile Betonelemente	ΣKosten neue Materialien [€]
Typ	Bauteil Nr.	Bauteilfläche [m ²] / - volumen [m ³]				
AW	41534	3,80 m ³	40,93 €/m ³	155,53	7	1.089,00
AW	41535	3,80 m ³	40,93 €/m ³	155,53	3	467,00
AW	41550	3,20 m ³	40,93 €/m ³	130,98	14	1.834,00
AW	41557	3,20 m ³	40,93 €/m ³	130,98	10	1.310,00
AW	41600	3,10 m ³	40,93 €/m ³	126,88	8	1.015,00
IW	51501	9,43 m ²	7,16 €/m ²	67,52	16	1.080,00
DP	21000	1,50 m ³	61,40 €/m ³	92,10	47	4.329,00
DP	21200	0,90 m ³	61,40 €/m ³	55,26	6	332,00
Ausf. Rohbau MW		690,0 m ²	26,60 €/m ²	18.354,00	-	18.354,00
Ausf. Rohbau DP		540,0 m ²	34,79 €/m ²	18.787,00	-	18.787,00
Bewehrung DP (Masse 53 DP 178,3 t * 0,10 ≈ 18 t)			700 €/t	12.600,00	-	12.600,00
					Σ 111	61.197,00

Die **Kostendifferenz** aus dem Bauteiltransport inkl. der Umschläge und der Vorbereitung der 111 Betonelemente aus einem Demontageobjekt in Cottbus hin nach Sofia und der Verwendung von neuen Baumaterialien für den Hausbau in analoger Größe aus Mauerwerk und Stahlbeton beträgt etwa **45.000 €**.

Tab. 57: Kostenvergleich Neubauteile aus Bulgarien – TUL- und Vorbereitungskosten von BE aus Ostdeutschland

	Kosten		Kostendifferenz
	Verwendung von Neubauteilen aus Bulgarien	Gesamtkosten LKW-Transport inkl. Vorbereitung Betonelemente	
Gesamtkosten	~ 61.200,00 €	~ 106.500,00 €	~ -45.300,00

Schlussfolgerung:

Es ist festzustellen, dass die **Wiederverwendung von Betonelementen aus Ostdeutschland in Bulgarien am Standort Sofia** im Vergleich zum Neubau der Musterhäuser **nicht wirtschaftlich** ist. Die Kosten des LKW-Bauteiltransports aus Deutschland inkl. der kalkulierten Vorbereitungskosten des hierfür gewählten Elementesortiments übersteigen die Kosten für die Verwendung von neuen konventionellen Baumaterialien aus Bulgarien direkt vor Ort um das etwa 1,7-fache.

8 Bau von Straßen in Russland unter Verwendung von Altbetonelementen in Kaliningrad

Parallel zur Zielstellung, gebrauchte Betonelemente aus Ostdeutschland in Osteuropa für die Errichtung von Wohnbauten einzusetzen, explizit in Russland, erwägten die russischen Partner den Einsatz von Deckenplatten im Straßenbau. Nachstehend wird dies geprüft.

8.1 Aufbau von Betonfahrbahndecken

Betonfahrbahndecken sind aufgrund ihrer Tragfähigkeit und Standfestigkeit in hohem Maß für den Neubau und die Erneuerung von Autobahnen, Bundes- und Landstraßen, Ortsumgehungen, Busverkehrsflächen, Kreuzungen und Kreisverkehren sowie Radwegen geeignet.¹⁵⁶ Sie besitzen eine lange Lebensdauer und sind in der Lage, den Beanspruchungen durch den „[...] rollenden Verkehr einschließlich des Verschleißes an der Oberfläche, durch Temperaturspannungen infolge unterschiedlicher Aufheizung an der Ober- und Unterseite sowie durch Einwirkungen von Frost und Tausalzen“¹⁵⁷ standzuhalten.

Neben wettbewerbsfähigen Herstellungskosten und geringen Erhaltungskosten sprechen also folgende Vorteile für den Einsatz von Betonfahrbahndecken:

- wirksam lastverteilend,
- verformungsstabil,
- Griffigkeit und Ebenheit,
- Unempfindlichkeit gegenüber Temperaturspannungen infolge unterschiedlicher Aufheizung an Ober- und Unterseite,
- verkehrssicher (besonders bei Dunkelheit und Nässe),
- tragfähig (auch bei hohen Achslasten),
- bei entsprechender Ausführung leises Reifen-Fahrbahn-Geräusch,
- recycelbar.¹⁵⁸

In Abb. 51 ist der allgemeine Aufbau einer Straße (Bsp. außerhalb einer geschlossenen Ortslage) dargestellt. Der Aufbau einer Straße unterteilt sich in Oberbau, Unterbau und Untergrund.

¹⁵⁶ Zement-Merkblatt Straßenbau Nr.S2, 6.2007: Der Bau von Betonfahrbahndecken auf Straßen, Online Ressource, 2007, S. 1.

¹⁵⁷ Neroth, G., Vollenschaar, D.: Wendehorst Baustoffkunde: Grundlagen-Baustoffe-Oberflächenschutz, Wiesbaden, 2011, S. 359.

¹⁵⁸ Ehrlich, N., Hersel, O.: Straßenbau heute - Betondecken, 6. Aufl., BetonMarketing Deutschland GmbH, Erkrath, 2010, S. 34 f.

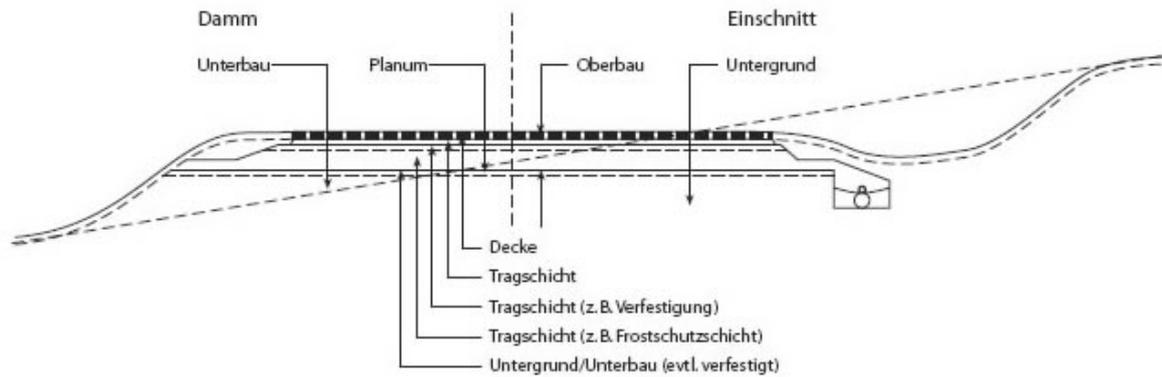


Abb. 51: Beispielhafter Aufbau einer Befestigung mit Betondecke außerhalb geschlossener Ortslage im klassifizierten Straßenbau – Damm / Einschnitt¹⁵⁹

Der Oberbau einer Straße kann aus einer Betondecke, aus Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Schichten ohne Bindemittel hergestellt werden.¹⁶⁰ Betondecken sind Fahrbahndecken aus Beton und gehören zum oberen Teil des Oberbaus einer Straße. Die Betondecke wird ein- oder zweischichtig hergestellt, wobei die obere Schicht Oberbeton und die untere Unterbeton genannt wird. Die Betondecke kann auf einer Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln aufliegen. Durch das Zumischen von hydraulischen Bindemitteln und Wasser zu Böden u./o. Gesteinskörnungsgemischen entstehen Verfestigungen. Unter der ersten Tragschicht befindet sich eine zweite Tragschicht, z.B. aus Frostschutzmitteln (s. Abb. 51). Die Lasten, die unmittelbar auf den Oberbau wirken, werden durch das Planum, die bearbeitete Oberfläche des Untergrunds/Unterbaus, in den Untergrund / Unterbau weitergeleitet.¹⁶¹

Die Dicke des Oberbaus der Straße richtet sich nach der Belastungsklasse (früher „Bauklasse“) und dem Aufbau der Straße.

Besteht der Aufbau der Straße bspw. aus einer Frostschuttschicht, einer hydraulisch gebundenen Tragschicht, Vliesstoff und der Betondecke, dann reicht die anzusetzende Dicke der Betondecke von 23 bis 27 cm für die Belastungsklassen Bk1,8 bis Bk100. (s. Pkt. 8.2).¹⁶²

¹⁵⁹ Eger, Rudolf W.: Materialien zur Vorlesungsreihe Straßenbau 1, FH Wiesbaden, Fachbereich Architektur und Bauingenieurwesen, 09/2007, S. 6.

¹⁶⁰ Zement-Merkblatt Straßenbau Nr.S2, 6.2007: Der Bau von Betonfahrbahndecken auf Straßen, 2007, S.1.

¹⁶¹ FH Wiesbaden Fachbereich Architektur und Bauingenieurwesen: Materialien zur Vorlesung Straßenwesen, Teil Straßenbau, 2007, S. 7.

¹⁶² Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO 2012), FGSV-Verlag Köln, 2012, S. 20, Tafel 2.

8.2 Anforderungen an den Straßenbeton

Aufgrund der hohen Beanspruchung handelt es sich bei Fahrbahndeckenbeton um Beton der Druckfestigkeitsklasse C 30/37. Wie in Pkt. 8.1 erläutert, wird der Beton einer Fahrbahndecke in hohem Maß auf Biegung durch beansprucht.

In diesem Kapitel wird sich auf die Ausführungen der „Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen“ der Fassungen RStO 2001¹⁶³ und RStO 2012¹⁶⁴ bezogen. Gleichbedeutend sind weitere Richtlinien bzw. Regelwerke (TL Beton-StB 07¹⁶⁵, ZTV Beton-StB 07¹⁶⁶, TP Beton-StB 10¹⁶⁷ usw.) bei der Planung zu beachten, welche vorrangig noch auf die RStO 2001 Bezug nehmen.

Seit 2013 ist die RStO 2001 durch die „Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO 2012)“ bei Behörden, Landesbetrieben etc. schrittweise eingeführt.

Im Vergleich zur Ausgabe RStO 2001 wurden in der RStO 2012 vor allem Änderungen bei den Bauweisen, den Belastungsklassen (früher „Bauklassen“), den Frosteinwirkungszonen und bei der Berechnung der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung (B) vorgenommen. Des Weiteren wird bei sehr hoher Beanspruchung (Bundesautobahnen) eine rechnerische Dimensionierung des Oberbaus nach weiteren Regelwerken (RDO Asphalt, RDO Beton) erforderlich.

In Tab. 58 sind die Bauklassen ausgewählter Straßenarten nach RStO 01 aufgeführt¹⁶⁸.

Tab. 58: Straßenarten und Bauklassen (ohne Verkehrsdaten) gemäß RStO 01

Zeile	Straßenarten	Bauklasse
1	Schnellverkehrsstraße, Industriesammelstraße	SV / I / II
2	Hauptverkehrsstraße, Industriestraße, Straße im Gewerbegebiet	II / III
3	Wohnsammelstraßen, Fußgängerzone mit Ladeverkehr	III / IV
4	Anliegerstraße, befahrbarer Wohnweg, Fußgängerzone (ohne Busverkehr).	V / VI

¹⁶³ Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO 2001), FGSV-Verlag Köln, 2001.

¹⁶⁴ Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO 2012), FGSV-Verlag Köln, 2012.

¹⁶⁵ TL Beton-StB 07:2007 - Technische Lieferbedingungen für Baustoffe und Baustoffgemische für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton, FGSV-Verlag, Köln, 2007.

¹⁶⁶ ZTV Beton-StB 07:2007 - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton, FGSV-Verlag, Köln, 2007.

¹⁶⁷ TP Beton-StB 10:2010 - Technische Prüfvorschriften für Baustoffe und Baustoffgemische für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton, FGSV-Verlag, Köln, 2010.

¹⁶⁸ Eger, Rudolf W.: Materialien zur Vorlesungsreihe Straßenbau 1, FH Wiesbaden, Fachbereich Architektur und Bauingenieurwesen, 09/2007, S. 7.

Die neue Einteilung in Belastungsklassen gemäß RStO 2012 (Tab. 59) lässt eine bessere Differenzierung der Belastung zu. Zu erstellende Verkehrsflächen werden entsprechend der Beanspruchung aus Verkehr den Belastungsklassen Bk0,3 bis Bk100 (vorher: Bauklassen VI bis SV) zugeordnet.

Tab. 59: Mögliche Belastungsklassen für die typischen Entwurfssituationen gemäß RStO 2012

Zeile	Typische Entwurfssituation	Straßenkategorie	Belastungsklasse
1	Anbaufreie Straße	VS II, VS III	Bk10 bis Bk100
2	Verbindungsstraße	HS III, HS IV	Bk3,2 / Bk10
3	Industriestraße	HS IV, ES IV, ES V	Bk3,2 bis Bk100
4	Gewerbestraße	HS IV, ES IV, ES V	Bk1,8 bis Bk100
5	Hauptgeschäftsstraße	HS IV, ES IV	Bk1,8 bis Bk10
6	Örtliche Geschäftsstraße	HS IV, ES IV	Bk1,8 bis Bk10
7	Örtliche Einfahrtsstraße	HS III, HS IV	Bk3,2 bis Bk10
8	Dörfliche Hauptstraße	HS IV, ES IV	Bk1,0 bis Bk3,2
9	Quartierstraße	HS IV, ES IV	Bk1,0 bis Bk3,2
10	Sammelstraße	ES IV	Bk1,0 bis Bk3,2
11	Wohnstraße	ES V	Bk0,3 / Bk1,0
12	Wohnweg	ES V	Bk0,3

Unabhängig von der Belastungsklasse gehört der Unterbeton einer Betonfahrbahndecke der Expositionsklasse XF 4 an, d.h. der Beton kann durchfeuchtet sein (erdfeuchter Beton, hohe Wassersättigung) und ist einem erheblichen Frost-Tau-Wechsel ausgesetzt. Zudem handelt es sich um Verkehrsflächen, die mit Taumitteln behandelt werden. Der Oberbeton einer Fahrbahndecke ist zusätzlich zur Expositionsklasse XF 4 der Klasse XM 2 zuzuordnen. Das bedeutet, dass der Beton einer erheblichen Verschleißbeanspruchung ausgesetzt ist.¹⁶⁹ Straßen der Belastungsklassen Bk1,8 bis Bk100 (früher: Bauklasse SV, I – VI) sind der Feuchtigkeitsklasse WS (Beton, der hoher dynamischer Beanspruchung und direktem Alkalieintrag ausgesetzt ist) bzw. der Feuchtigkeitsklasse WA (Beton, der während der Nutzung häufig oder längere Zeit feucht ist und häufiger oder langzeitiger Alkalizufuhr von außen ausgesetzt ist) zuzuordnen.¹⁷⁰

Neben den beschriebenen Nutzungsanforderungen existieren Anforderungen, die an die Ausgangsstoffe des Betons und an dessen Zusammensetzung gestellt werden. Die Bestimmungen hierfür sind den Regelwerken TL Beton-StB 07, ZTV Beton-StB 07 und TP Beton-StB 10 entnehmbar. In Tab. 60 sind die wichtigsten Eigenschaften an den Oberbeton von Fahrbahndecken, mit Bezug auf die RStO 2001, zusammengestellt.

¹⁶⁹ Neroth, G., Vollenschaar, D.: Wendehorst Baustoffkunde: Grundlagen-Baustoffe-Oberflächenschutz, Wiesbaden, 2011, S. 251 - 252, 360.

¹⁷⁰ http://beton-technische-daten.de/13/13_2.htm (aufgerufen am 13.02.13); Neroth, G., Vollenschaar, D.: Wendehorst Baustoffkunde: Grundlagen-Baustoffe-Oberflächenschutz, Wiesbaden, 2011, S. 252 - 253.

Tab. 60: Zusammenstellung der Anforderungen an den Oberbeton von Fahrbahndecken nach TL Beton-StB 07¹⁷¹

	Anforderungen an den Oberbeton von Fahrbahndecken	
Bauklassen (RStO 2001)	SV, I-III	IV-VI
Expositionsklasse	XF4, XM2	XF4, XM1
Feuchtigkeitsklasse	WS	WA
Höchstzulässiger w/z-Wert	0,45	0,5
Mindestdruckfestigkeits-klasse	C 30/37	
Biegezugfestigkeitsklasse	F 4,5	F 3,5
Mindestzementgehalt in kg/m ³	340	320
Mindestens erf. Korngruppen nach TL Gestein-StB 07	0/2, 2/8, >8 0/4, 4/8, >8 0/2 oder 0/4, ≤8	0/4, >4

8.3 Anforderungen an den Einbau einer Betondecke

Bei dem Einbau von Betondecken für Fahrbahnen der Belastungsklasse Bk100, Bk32, Bk1,8 und Bk3,2 (früher: Bauklassen SV, I und III) müssen stets Dübel und Anker eingebaut werden. Dübel werden im Bereich von Querfugen eingebaut und sichern zum einen die Höhenlage der Betonplatten und zum anderen gewährleisten sie die Lastübertragung. In Längsrichtung müssen die Platten durch Anker verbunden werden, wenn von einem möglichen seitlichen Ausweichen der Platten ausgegangen werden muss. Die Anzahl der einzubauenden Dübel und Anker und deren Abstände sind der ZTV Beton-StB zu entnehmen.¹⁷²

8.4 Eignung von Altbetondeckenplatten für die Wiederverwendung im Straßenbau

Im Folgenden wird erörtert, inwiefern sich demontierte Betondeckenplatten aus dem Gebäuderückbau ostdeutscher Plattenbauten für den Landwege- und Straßenbau in Russland, Kaliningrad, eignen.

Statische Untersuchungen im Zuge vorbereitender Überlegungen für den Einsatz von gebrauchten Deckenplatten zur Befestigung landwirtschaftlicher Wege erfolgten durch die FG Bauliches Recycling unter

¹⁷¹ in Anlehnung an: Helm, M.: Vorteile von Straßen aus Beton, in Steinbruch und Sandgrube 08/2011, S. 63.

¹⁷² Zement-Merkblatt Straßenbau Nr.S2, 6.2007: Der Bau von Betonfahrbahndecken auf Straßen, Online Ressource, 2007, S. 2.

Einbindung eines Statikbüros¹⁷³. Berechnet wurden drei Varianten. Als Schlussfolgerungen sind festzuhalten, dass die Tragfähigkeit der Deckenplatten wesentlich von der Beschaffenheit des Untergrundes sowie von der Betondruck- und Biegezugfestigkeit der Betonplatten selbst abhängig ist. Bei steiferer Beschaffenheit des Untergrundes und der Tragschicht erhöht sich auch die Tragfähigkeit der Betonplatten.

Weiterführende Arbeiten zu statistischen Auswertungen der ermittelten Ergebnisse von Untersuchungen zur Betondruckfestigkeit und Karbonatisierungstiefe sowie Betondeckung an gebrauchten Betonfertigteilen, die durch die FG Bauliches Recycling erfolgten, zeigen, dass Spannbetondeckenplatten der Plattenbau-Typenserie P2 die Druckfestigkeitsklasse C 30/37 erfüllen und damit den Anforderungen an die Betondruckfestigkeitsklasse von Fahrbahndeckenbeton entsprechen.¹⁷⁴

Eine praktische Erprobung, gebrauchte Deckenplatten im Straßen- und Wegebau einzusetzen, erfolgte bisher nicht.

8.5 Kosten für TUL-Prozesse der Deckenelemente vom Spenderort in Deutschland nach Kaliningrad in Russland

Für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit der Weiterverwendung von Betondeckenplatten im Straßen- und Wegebau ist – wie in vorangegangenen Kapiteln aufgezeigt – entscheidend, welche Transportentfernungen und wie viele Umschläge bis zum Zielort Kaliningrad in Russland erforderlich werden. Als Spenderort wurde Cottbus ausgewählt. Verlade- und Zielort liegen ca. 650 km auf dem Landweg voneinander entfernt (Abb. 52).

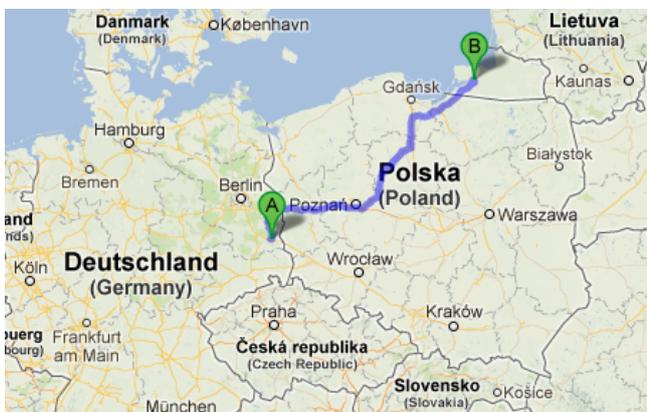


Abb. 52: Entfernung Cottbus (A) – Kaliningrad (B)¹⁷⁵

¹⁷³ Jonigkeit, L.: Untersuchung / statischer Nachweis der Wiederverwendung gebrauchter Deckenplatten vom Typ P2 als Deckschicht für den landwirtschaftlichen Wegebau, im Auftrag der FG Bauliches Recycling, BTU Cottbus, 11/2002.

¹⁷⁴ Mettke, A.: Material- und Produktrecycling – am Beispiel von Plattenbauten, Habilitationsschrift, BTU Cottbus, 2010, S. 123 ff.; Kania, G.: Statistische Auswertung der ermittelten Ergebnisse von Untersuchungen zur Betondruckfestigkeit und Karbonatisierungstiefe sowie Betondeckung an gebrauchten Betonfertigteilen, Studienarbeit, FG Bauliches Recycling, BTU Cottbus, 2006.

¹⁷⁵ Karte entnommen aus: <http://www.maps.google.de>

Analog den Untersuchungsergebnissen einer Vorzugsvariante zum Bauteiltransport nach Russland (vgl. Zwischenbericht der Phase II dieses Projektes¹⁷⁶), wird hier die Kombinationsmöglichkeit LKW – Hochseeschiff – LKW betrachtet (vgl. Abb. 12).

Untersucht wird die Wirtschaftlichkeit des Vorhabens für die Herstellung eines Straßenabschnitts von 1,0 km Länge. Dieser Ansatz ist frei gewählt. Bei Vorlage eines konkreten Vorhabens können die im Folgenden dargestellten Kostenwerte entsprechend angepasst werden. Hierbei ist davon auszugehen, dass vier Deckenplatten (Systemmaß: 6,00 m x 1,80 m x 0,14 m) in Querrichtung nebeneinander gelegt werden. Daraus resultiert eine Fahrbahnbreite von 7,20 m (entspricht 4 x 1,80 m). Bei einlagiger Anordnung der Platten entsteht somit eine Fahrbahndeckendicke von 0,14 m. Um die Anforderungen an die Dicke der Betondecke gemäß RStO 2012 zu erfüllen (vgl. Pkt. 8.1), müssen die Deckenplatten zweilagig verlegt werden. Die daraus resultierende Betondeckendicke beträgt dann 0,28 m ohne Mittelschicht.

Für die einlagige Anordnung der Deckenplatten mit 4 Platten quer zur Fahrbahnrichtung ergibt sich bei einer 1,0 km langen Fahrbahn eine Elementanzahl von 667 Stück mit einem Gesamtgewicht von 2.282,00 t (mit 3,42 t je Element). Die im Folgenden angegebenen Kosten beziehen sich auf die einlagige Anordnung der Platten.

8.5.1 Umschlagskosten

Für die Bestimmung der Kosten des Umschlags auf der Demontagebaustelle wurden zwei Angebote von Baumaschinenverleihern (Stand: 15.12.2012) eingeholt, von deren Stundenpreisen für den Autokran der Mittelwert gebildet wurde. Der in Tab. 61 angegebene durchschnittliche Bruttolohn je Stunde für die beim Beladen beschäftigten Facharbeiter, von denen zwei benötigt werden, entstammt dem Statistischen Bundesamt.¹⁷⁷ Dem Endbericht – Teil 1¹⁷⁸ ist zu entnehmen, dass die Zeit für die Beladung des LKWs mittels Fahrzeugkran (FZK) mit einer Deckenplatte im Mittel 5 min beträgt. Da insgesamt 667 Deckenplatten zu verlegen sind, wird von einer benötigten Gesamtzeit mit einer Sicherheitsspanne hochgerechnet von rund 60 h ausgegangen. Ebenso dem Endbericht – Teil 1¹⁷⁹ zu entnehmen ist sowohl die benötigte Zeit für den Kranaufbau und -abbau von je 20 min als auch die benötigte Zeit für die Ladungssicherung je LKW von 11 min. Bei einer maximal erlaubten Beladung von 22,5 t je LKW ergeben sich insgesamt 112 Lkw-Ladungen mit je 6 DP pro Sattelzug. Die entstehenden Kosten sind in Tab. 61 zusammengefasst.

¹⁷⁶ Mettke, A. et.al.: Wiederverwendung von Plattenbauteilen in einem Vorort von Sankt Petersburg – Teil B, FO-Vorhaben DBU-AZ 22286/02-23, BTU Cottbus, 2011, S. 15 ff.

¹⁷⁷ Statistisches Bundesamt Fachserie 16, Reihe 2.1: Verdienste und Arbeitskosten, 3. Quartal 2012, S. 8.

¹⁷⁸ Mettke, A. et.al.: Wiederverwendung von Plattenbauteilen in Osteuropa. Endbericht – Bearbeitungsphase I, FO-Vorhaben DBU-AZ 22286-23, BTU Cottbus, 2008, S. 221.

¹⁷⁹ ebenda.

Tab. 61: Zusammensetzung der Umschlagskosten der Deckenplatten auf LKW mittels FZK auf der Demontagebaustelle

Kosten Fahrzeugkran (FZK)		Kosten je Stunde [€/h]	Benötigte Zeit [h]	Kosten gesamt [€]
<i>Angebot Unternehmen A</i>		78,00	60,00	4.680,00
<i>Angebot Unternehmen B</i>		69,00	60,00	4.140,00
Mittelwert		73,50	60,00	4.410,00

Kosten Arbeitskraft	Ø Bruttolohn je Std. [€/h]	Benötigte Zeit [h]	Kosten 1 AK [€/AK]	Kosten gesamt 2 AK [€]
Fachkräfte	17,29	60,00	1.037,40	2.074,80

Kosten Auf- & Abbau FZK		Benötigte Zeit [min]	Kosten je Stunde [€/h]	Kosten gesamt [€]
Aufbau FZK (an veranschlagt 10 Arbeitstagen)		20 min je Arbeitstag (berechnet: 1 h je AT)	73,50	735,00
Abbau FZK (an veranschlagt 10 Arbeitstagen)		20 min je Arbeitstag (berechnet: 1 h je AT)	73,50	735,00

Kosten Ladungs-sicherung	Benötigte Zeit je LKW [min]	Kosten je Stunde [€/h]	Kosten je LKW [€]	Kosten gesamt [€]
112 LKWs á 22,5 t	11 min (Σ rd. 21 h)	73,50	13,78	1.543,50

Gesamtkosten	9.498,30 € ~ 9.500,00 €
Gesamtkosten je t	~ 4,20 €/t
Gesamtkosten je m²	1,40 €/m²

Es ergeben sich damit insgesamt **Umschlagskosten** in Höhe von **rd. 9.500,00 €** bzw. Kosten in Höhe in von **~ 4,20 €/t** (bei einem Gesamtgewicht der Deckenelemente in Höhe von **2.282 t**) oder Kosten in Höhe von **~ 1,40 €/m²** Bauteilfläche (bei einer Gesamtbauteilfläche der 667 Deckenplatten von **7.204 m²**).

8.5.2 Transportkosten

8.5.2.1 LKW-Vorlaufkosten



Abb. 53: Entfernung Cottbus (A) – Fährhafen Sassnitz (B)¹⁸⁰

Eine Untersuchung der Transportkosten von Deckenplatten (DP), Innen- und Außenwänden (IW / AW) erfolgte 2007 bei der FG Bauliches Recycling¹⁸¹. Es werden nachstehend nur die Speditionsangebote mit der größten angegebenen Entfernung von 350 km verwertet.

Für die Strecke Cottbus – Fährhafen Sassnitz (440 km) werden die in Tab. 62 aufgeführten Kostenmittelwerte als Grundlage für die LKW-Transportkostenermittlung verwendet und mithilfe des Erzeugerpreisindex für den Straßengüterverkehr¹⁸² die nachstehend ermittelten Kostenwerte für das III. Quartal 2013 preisbereinigt und je t und km sowie je m² und km berechnet (Tab. 63).

Tab. 62: Ermittlung LKW-Transportkosten von P2-Deckenplatten (Cottbus – Fährhafen Sassnitz)¹⁸³

LKW-Transportkosten für P2-Betonbauteile (Angebotsjahr 2007) / Transportentfernung 350 km			
Elementesortiment		Kosten [€/t*km]	Kosten [€/m ² *km]
P2-Deckenplatten	Mittelwerte (DP)	0,1125	0,0375

¹⁸⁰ Karte entnommen: <http://www.maps.google.de>

¹⁸¹ Mettke, A. et.al.: Wiederverwendung von Plattenbauteilen in Osteuropa. Endbericht – Bearbeitungsphase I, FO-Vorhaben DBU-AZ 22286-23, BTU Cottbus, 2008, S. 223, Tab. 100.

¹⁸² Statistisches Bundesamt, Fachserie 17, Reihe 9.2: Preise, Preise & Preisindizes für Verkehr, 01/2014, S. 27.

¹⁸³ Mettke, A. et.al.: Wiederverwendung von Plattenbauteilen in Osteuropa. Endbericht – Bearbeitungsphase I, FO-Vorhaben DBU-AZ 22286-23, BTU Cottbus, 2008, S. 223, Tab. 100.

Tab. 63: LKW-Transportkosten im Straßengüterverkehr (Cottbus – Fährhafen Sassnitz)

Jahr	Preisindex Binnenfernverkehr über 150 km ¹⁸⁴	Deckenplatten	
		[€/t*km]	[€/m ² *km]
III/2007	97,6	0,1125	0,0375
III/2013	106,4	0,1226	0,0409

Hieraus ergeben sich die in Tab. 64 dargestellten bauteilbezogenen Kosten für den LKW-Transport der einzelnen Elementetypen (Strecke Cottbus – Fährhafen Sassnitz: 440 km). Die Mittelwerte dieser Kosten ergeben zusammen mit den bauteilbezogenen Kosten für die zwei durchzuführenden Umschläge (Demontageort-LKW und (Re)Montageort-LKW) die Gesamtkosten je t bzw. je m².

Tab. 64: Bauteilbezogene Kosten für den LKW-Transport und Umschläge (Cottbus – Fährhafen Sassnitz)

Teilprozess	Bauteilbezogene Kosten (2012/2013)	
	[€/t]	[€/m ²]
LKW-Transport DP	54,00	18,00
zzgl. 1 Umschlag	4,20	1,40
Σ	58,20 €/t	19,40 €/m²

Für die 667 zu transportierenden Deckenelemente sind im **Vorlauf** folglich für den **LKW-Transport (Cottbus – Fährhafen Sassnitz) inkl. 1 Bauteilumschlag** auf der Demontagebaustelle insgesamt rd. **133.000,00 €** aufzuwenden (Gesamtmasse: 2.282 t):

	Gesamtkosten LKW-Transport (Vorlauf):	~ 123.300,00 €
+	Gesamtkosten für 1 Umschlag:	~ 9.500,00 €
=		~ 133.000,00 €

8.5.2.2 Kosten Schiffstransport

Bezüglich der Kosten für den Seetransport der gewählten 667 Deckenplatten vom Fährhafen Sassnitz nach Kaliningrad (Abb. 54) wurde ein Angebot eines Schiffsmaklers (Angebot C), welche im Fährhafen Sassnitz die Strecke Sassnitz – Kaliningrad bedient, eingeholt (Stand: 05.12.2012).

¹⁸⁴ Statistisches Bundesamt, Fachserie 17, Reihe 9.2: Preise, Preise & Preisindizes für Verkehr, 01/2014, S. 27.



Abb. 54: Transportstrecke für den Schiffstransport Fährhafen Sassnitz - Kaliningrad¹⁸⁵

Da keine regelmäßige Fährverbindung vom Hafen Sassnitz nach Kaliningrad besteht, beziehen sich die Kosten für die Seefracht auf den Transport mittels eigens für diesen Zweck anzumietender Ladekapazität eines Motorschiffes mit einer Ladefläche von 616 m² und einer maximalen Kapazität von 3.000 t. Die Transitzeit beträgt ca. 2,5 Tage.

Die in Tab. 65 angegebenen Kosten entstammen dem Angebot des Schiffsmaklers. In diesem Angebot sind die Kosten für den Umschlag vom LKW auf den KAI (Lagerplatz im Hafen) und auf das Schiff mit einer Pauschale von 25 €/t angegeben, der eigentliche Schiffstransport ist mit pauschal 35.000,00 € angesetzt.

Tab. 65: Transport- und Umschlagskosten zum Schiffstransport Fährhafen Sassnitz - Kaliningrad

Angebot C vom 05.12.2012	Kosten je t [€/t]	Gesamtmasse BE [t]	Kosten gesamt [€]
Umladung LKW → KAI → Schiff	25,00	2.282,00	57.050,00 €
Seefracht Sassnitz - Burgas (pauschal)			35.000,00 €
			Σ 92.050,00 €

Für den **Seetransport (Fährhafen Sassnitz – Hafen Kaliningrad inkl. Bauteilumschlag** für die Verladung im Hafen Sassnitz sind insgesamt **92.050,00 €** anzusetzen (Gesamtmasse BE: 2.282 t):

Damit belaufen sich die bauteilbezogenen Gesamtkosten für den Schiffstransport auf **rd. 40,40 €/t** bzw. **rd. 12,80 €/m²** Bauteilfläche.

¹⁸⁵ http://www.inlandnavigation.org/uploads/Maps/map_waterways_europe.jpg (aufgerufen am 20.02.13).

8.5.3 Gesamtkosten des Transports der Betondeckenelemente (Cottbus – Kaliningrad)

Nachfolgend werden die Gesamtkosten, d.h. die Transport- und Umschlagskosten im Vorlauf Cottbus – Fährhafen Sassnitz (LKW) sowie die des Seetransportes (Fährhafen Sassnitz – Kaliningrad) zusammengefasst dargestellt.

Vom Hafen in Kaliningrad ist ein LKW-Nachlauf zum Zielort Kaliningrad zu absolvieren. Aufgrund der wahrscheinlich verhältnismäßig kurzen Strecke werden in die Gesamtkostenbetrachtung zweimalige Umschlagskosten einbezogen. Diese betragen insgesamt ~ 19.000 € (2.282 t x 4,16 €/t x 2).

Fasst man die kalkulierten Kosten für den **kombinierten Transport aus LKW und Schiff** (LKW-Vorlauf: Cottbus – Fährhafen Sassnitz / Schiffstransport: Sassnitz – Kaliningrad) **inkl. Bauteilumschläge** zusammen, so ergibt sich ein Gesamtkostenaufwand von **rd. 244.000 €**.

	Vorlauf LKW-Transport.	123.300,00 €
+	Gesamtkosten Seefracht:	35.000,00 €
+	Umschlagskosten Hafen Sassnitz:	57.050,00 €
+	<u>weitere Umschlagskosten</u>	<u>28.500,00 €</u>
=		<u><u>243.850,00 €</u></u>

Es ergeben sich somit bauteilbezogene Gesamtkosten in Höhe von **rd. 107 €/t** bzw. **rd. 34 €/m²** Bauteilfläche. Wird eine zweilagige Anordnung der Platten in der Fahrbahndecke erforderlich, so fallen die Kosten in doppelter Höhe an.

8.6 Kostenvergleich Neubau einer Betonfahrbahndecke in Russland & Wiederverwendung von Altbetondeckenelementen aus Ostdeutschland

Recherchen der FG Bauliches Recycling der BTU Cottbus bezüglich der Kosten für den Neubau einer vergleichbaren Fahrbahndecke aus Beton in Russland ergaben die folgenden Ergebnisse.

Gemäß russischen Normen (nach GOST)¹⁸⁶ soll der Straßenbeton für die gewählte Straßenkategorie die Betongüte (Betondruckfestigkeit) M400 besitzen. Diese Betongüte ist mit den in dieser Arbeit betrachteten Deckenplatten, welche eine Betonfestigkeit von C30/37 besitzen, erfüllt.

Ein vergleichbares Neubauteil aus Russland ist in Tab. 66 mit seinen Eigenschaften und Kosten dargestellt.

¹⁸⁶ GOST 26633-91 Schwerbeton und feinkörniger Beton.

Tab. 66: Bauteilparameter und Preise aus Russland für eine vergleichbare Betonplatte im Straßenbau¹⁸⁷

Produktbezeichnung:	1П-60-18-30
Betongüte:	M400
Bauteilmaße [L x H x B]:	6,00 m x 1,75 m x 0,14 m
Bauteilmasse:	3,65 t
Bauteilpreis:	385,09 €
Bauteilpreis je t:	105,50 €/t
Bauteilpreis je m²:	36,68 €/m ²

Im Vergleich zur betrachteten Anzahl der für eine Weiterverwendung vorgesehenen 667 Deckenelemente aus Ostdeutschland ergeben sich aus den in Tab. 66 aufgeführten Preisangaben Gesamtkosten für in Russland vor Ort neu bereitzustellende Betonelemente von **rd. 257.0000 €** bzw. bei einer Gesamtmasse von **2.435 t** bauteilbezogen **105,50 €/t** bzw. bei einer Gesamtbauteilfläche von **7.003,50 m²** insgesamt **rd. 37 €/m²**.

In Tab. 67 sind die Kosten für den Transport und die Umschläge der 667 Betondeckenelemente aus Ostdeutschland gegenüber der Neuteilbereitstellung vergleichbarer Betonelemente in Russland für den Bau einer Fahrbahndecke im Nahgebiet Kaliningrad dargestellt.

Zu beachten ist, dass es sich dabei um eine einlagige Plattenanordnung handelt. Um, wie bereits erwähnt, den Anforderungen an den Straßenbau nach deutschem Standard gerecht zu werden, muss eine zweilagige Anordnung erfolgen. Hierbei fallen die Gesamtkosten doppelt so hoch aus, da doppelt so viele Elemente verbaut werden müssen.

¹⁸⁷<http://www.dortec.ru/price/plity-dorozhnye/> (aufgerufen am 06.02.2013), Fa. Dor Technology, Sankt Petersburg.

Tab. 67: Kostenvergleich TUL-Kosten Betonelemente aus Deutschland und Bereitstellung Neubauteile aus Russland für den Fahrbahndeckenbau

		Gesamtkosten		Kostendifferenz (Vergleich Var. 2 zu Var. 1)
		Transport / Umschlag von 667 Betondeckenplatten aus Deutschland (2.282 t)	Bereitstellung von neuen 667 Betonplatten in Russland (2.435 t)	
		Var. 1	Var. 2	
Gesamtkosten	[€]	~ 244.000,00	257.000,00	13.000
Bauteilkosten je t	[€/t]	~ 107	105,50	-1,50
Bauteilkosten je m ²	[€/m ²]	~ 34	~ 37	3

Die **Gesamtkosten für den LKW-Schiff-Transport inkl. der Bauteilumschläge** von 667 Deckenelementen aus Ostdeutschland betragen etwa **95 %** der ermittelten Kosten **vergleichbarer, neu herzustellender Betonplatten in Russland** für den Bau einer Fahrbahndecke (einlagig). Aufgrund des geringen Kostenvorteils der Weiterverwendung ist daher mit jetzigem Stand eine **Weiterverwendung von Betondeckenplatten für den Straßenbau am Standort Kaliningrad wirtschaftlich nicht interessant.**

9 Neubau einer Ferienanlage in Deutschland

Als ein weiteres wichtiges Demonstrationsprojekt für die Umsetzung einer Wiederverwendung von gebrauchten Betonbauteilen ist das in Casel am Gräbendorfer See geplante Feriencenter „Santa Fe“ anzusehen. In Privatinitiative ins Leben gerufen, soll das Vorhaben v.a. den Tourismus inmitten der sich neu entwickelnden Lausitzer-Seen-Landschaft (Tagebaufolgelandschaft) fördern sowie zum Gemeinwohl als gesellschaftlich-kultureller Treffpunkt des Ortes Casel dienen. Mit dem Konzept sollen Familien mit Kindern, ebenso Paare, Pensionäre, Jugend- und Schulgruppen angesprochen werden, welche bspw. als Radwanderer, Camper oder auch als Tagestouristen in der Region unterwegs sind.

Dieses Wiederverwendungsvorhaben wurde bereits im Zwischenbericht dieses Forschungsprojektes als Teilprojekt erläutert. Trotz Unterstützung der FG Bauliches Recycling, nicht nur in technischen und technologischen Fragen zur Wiederverwendung, sondern darüber hinaus hinsichtlich möglicher Inanspruchnahme von Förderprogrammen sowie der Kreditvergabe, ist es dem Bauherrn nicht gelungen, die Baumaßnahme umzusetzen. Nachstehend wird das Bauvorhaben kurz skizziert.

Neben der Errichtung eines Empfangsgebäudes mit Gaststätte sollen ein Sanitärgebäude, ein Backshop und mehrere Ferienhäuser unter Verwendung von Betonelementen gebaut werden. Darüber hinaus wurden Stellflächen für Wohnmobile und -wagen vorgesehen und stehen für Zelte zur Verfügung.

Das Bauvorhaben Ferienanlage „Santa Fe“ wird durch den Bauherrn auf der Internetseite www.camping-santafe.de präsentiert. Durch die Transparenz der ressourceneffizienten Baumaßnahme wird erwartet, dass die Akzeptanz für das Bauvorhaben am Wasserwanderweg steigt.



Abb. 55: Lageplan Ferienzentrum „Santa Fe“ am Gräbendorfer See¹⁸⁸

¹⁸⁸ Entwurf Architekturbüro Ralf Otto, Cottbus (05/2009).



Abb. 56: Entwurf Bungalow (li.), Eingangsbereich mit Backshop und Rezeption (re.)¹⁸⁹

Erst mit Sicherstellung der Finanzierung kann die Errichtung der ersten Ferienhausanlage auf dem geplanten Gelände am Gräbendorfer See begonnen werden. Der Bauherr verfolgt das Ziel, im II. Quartal 2014 mit dem Bau des Ferienzentrums zu beginnen. Daher sind weitere Aktivitäten im Gange, um doch noch aus umweltschonender Sicht und Kostenersparnis das geplante Bauvorhaben umzusetzen.

Im Zuge der Projektbegleitung und -vorbereitung wurde durch die Fachgruppe Bauliches Recycling auf Grundlage der vorliegenden Planungsunterlagen des Architekturbüros Ralf Otto, Cottbus, und in enger Zusammenarbeit mit dem privaten Bauherrn Jens Petrick, Neupetershain, eine 2D- und 3D-Visualisierung der wichtigsten Gebäude und des Geländes der Ferienanlage „Santa Fe“ erarbeitet. Zur besseren Vorstellung für die Umsetzung und zur gezielten Öffentlichkeitswirksamkeit ist dadurch eine virtuelle Begehung der Ferienanlage als auch einzelner Gebäude möglich. Zu den animierten Gebäuden zählen der Backshop, das Verwaltungsgebäude mit Restaurant und ein Bungalow mit einer exemplarisch dargestellten einer Wohneinheit mit Zoomoptionen (einschl. Innenraumplanung). Des Weiteren wurde ein Übersichtsplan visualisiert, um eine bessere Orientierung auf dem Gelände zu gewährleisten. Es wurden die örtlichen Gegebenheiten, die geografischen und topologischen Besonderheiten des Ortes dargestellt. Dabei stand die Darstellung der Gebäude explizit im Vordergrund und es wurde speziell auf das verbesserte Verständnis des Aufbaus der Grundrisse und Raumabfolgen Wert gelegt.

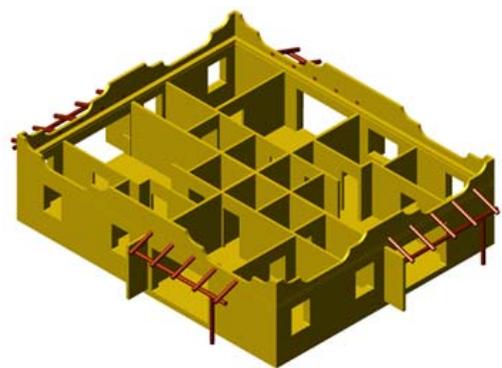


Abb. 57: Entwurfszeichnung Restaurant (li.), Bungalow mit 4 Ferienwohnungen¹⁹⁰

¹⁸⁹ Entwurf Architekturbüro Ralf Otto (07/2009).

¹⁹⁰ Entwurf Stephanie Kurth, FG Bauliches Recycling (02/2010).

Auf dem Baugelände sind insgesamt 211 Betonelemente (96 Deckenplatten, 115 Wandelemente) zwischengelagert. Die Betonelemente stammen aus einem Rückbauvorhaben eines 11-geschossigen Wohngebäudes der Typenserie P2 in Spremberg (Spendergebäude) aus etwa 30 km Entfernung bis zum Baugelände. Mittlerweile beträgt die Zwischenlagerung der Betonelemente 5 Jahre.



Abb. 58: Zwischenlager auf dem Bauplatz für das Ferienzentrum am Gräbendorfer See

Die Bewertung der ökologischen Aspekte ergab, dass für die Herstellung der 211 Betonfertigteile (Gesamtmasse: ca. 800 t) vormals ca. 1,85 Mio. MJ Energie benötigt wurden¹⁹¹. Ein stoffliches Recycling würde ~ 40.000 MJ Energie in Anspruch nehmen¹⁹². Die Energieeinsparung durch die Wiederverwendung dieser Betonbauteile beläuft sich somit auf knapp 1,9 Mio. MJ bzw. ~ 528.000 kWh. Zudem ergibt sich eine Reduktion des natürlichen Ressourcenverbrauchs von ca. 4.800 t. In den Ansatz gebracht wurde hier die von METTKE¹⁹³ ermittelte Materialintensität für eine Spannbetondecke C20/25 auf der Grundlage der MIT-Werte des Wuppertaler-Instituts: für 1 t Betonprodukt sind 6 t Ressourcen bereit zu stellen.

9.1 Stand des Planungs- / Baufortschritts

Infolge mehrerer Absprachen zwischen der FG Bauliches Recycling, dem Bauherrn und dem Architekten ist das Projekt durch den Architekten bis zur Genehmigungsreife durch den eingebundenen Objektplaner (Architekturbüro Ralf Otto, Cottbus) erarbeitet worden. Eine Baugenehmigung sowie ein Businessplan liegen vor.

¹⁹¹ Primärenergiegehalt 1 t Betonelement: 2.318 MJ, Angaben zu KEA [MJ/t] entnommen aus: GABIE – Ergebnisse zur Ganzheitlichen Bilanzierung von Baustoffen, <http://www.ffe.de/images/stories/Berichte/Gabie/baustoff.htm>.

¹⁹² Durchschnittlicher Energiebedarf der stofflichen Aufbereitung mineralischer Bauabfälle: 50 MJ/t, vgl. Mettke, A.: Material- und Produktrecycling – am Beispiel von Plattenbauten, Habilitationsschrift, BTU Cottbus, 2010, S. 237; vgl. auch Aufbereitung von Betonsplitten ca. 69 MJ/t, ermittelt in: Mettke, A.; Heyn, S.: Ökologische Betrachtungen – RC-Beton, FG Bauliches Recycling, BTU Cottbus, 2010, S. 45.

¹⁹³ Mettke, A.: Material- und Produktrecycling – am Beispiel von Plattenbauten, Habilitationsschrift, BTU Cottbus, 2010, S. 235.

Die Fachgruppe Bauliches Recycling hat den Bauherrn aktiv bei allen Aktivitäten in Vorbereitung der Umsetzung der Baumaßnahme unterstützt. Jedoch weder die Akquise von Fördermitteln auf verschiedenen Ebenen (Verfassen etlicher Stellungnahmen) noch der gesonderte Gesprächstermin bei der ILB – Investitionsbank des Landes Brandenburg haben dazu geführt, dass mit der Baumaßnahme begonnen werden konnte.

Ein Ergebnis verstärkter Akquise und Öffentlichkeitsarbeit ist bspw. ein Beitrag zum Projekt im Brandenburger Wirtschaftsmagazin 5/2010, herausgegeben von der Industrie- und Handelskammer Cottbus (vgl. Anlage 3).

Neben den Aktivitäten des Bauherrn hat die Projektleiterin in Abstimmung mit dem Bauherrn bei der Investitionsbank des Landes Brandenburg (ILB) vorgesprochen, um aufzuzeigen, dass eine Wiederverwendungsmaßnahme immer eine Zwischenlagerung erfordert, denn der Zeitpunkt des Rückbaus und die Verfügbarkeit von spezifischen, der Bauplanung entsprechenden Auswahl an Betonelementen stimmt nur im Idealfall mit dem Zeitpunkt der (Wieder-)Neubaumaßnahme überein. Die ILB hat den Einsatz von wiederverwendungsgeeigneten Betonelementen untersagt bzw. sogar dem Bauherrn strafrechtliches Vergehen angedroht, weil sich die demontierten Betonelemente vor Ausreichung des zinsgünstigen Kredits auf einem Zwischenlager befinden. Geahndet wird dies mit einem „vorzeitigen Maßnahmebeginn“, wobei der Erwerb der Betonelemente nicht in der Kreditbeantragung enthalten ist. Aus Sicht der BTU stellen die Finanzierungsmodalitäten nicht nur ein Hemmnis dar, sondern forcieren Wiederverwendungen a priori zum Scheitern. Die ILB hat eingeräumt, dass mit der Baumaßnahme begonnen werden kann, wenn neue Baumaterialien eingesetzt werden. Das bedeutet für den Bauherrn, dass die 211 Betonelemente zu entsorgen sind. Damit fallen Entsorgungskosten (für den Abtransport der Betonelemente und Annahmgebühren an der RC-Anlage) sowie Kosten zur Beschaffung neuer Baumaterialien in Größenordnungen an. Die politische Zielstellungen für umweltverträgliche Beschaffungsmaßnahmen werden damit vollkommen konterkariert (vgl. zudem das Programm ProgRess, 2012¹⁹⁴).

9.2 Ausblick

Der Bauherr verfolgt das Ziel, im II. Quartal 2014 mit dem Bau des Ferienzentrums zu beginnen. Voraussetzung hierfür ist die Finanzierbarkeit der Investition.

Die Hoffnung besteht weiterhin, dass dieses Vorhaben als „Leuchtturmprojekt“ in der Region positive Effekte auf unterschiedlichen Ebenen auslöst und beispielhaft Skeptiker überzeugt, dass die beim Rückbau anfallenden / zurück gewonnenen Betonelemente in Gänze optimal nachgenutzt werden können. Andere realisierte Projekte vergangener Jahre wie bspw. die Vereinshausbauten in Kolkwitz, Gröditz oder Plauen - allesamt auch unter Zuhilfenahme von Fördergeldern und / oder zinsgünstigen Krediten errichtet - zeigen dies sehr deutlich.

¹⁹⁴ Deutsches Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess) – Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen, Hrsg. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Berlin, 2012.

Das geplante Bauprojekt wird einen entscheidenden Beitrag hinsichtlich der Forderungen nach Energie- und Ressourceneinsparung im Bausektor auf regionaler Ebene leisten.

Dass dieses Bauprojekt bislang nicht umgesetzt bzw. gebaut werden konnte, liegt nicht in der Verwendung von gebrauchten Betonelementen, denn nachweislich weisen sie eine hohe Qualität auf, sondern an den Förderregularien / -modalitäten und an der Inflexibilität in der Auslegung von Vorgaben durch Entscheidungsträger, insbesondere im Land Brandenburg, bisher verzögert hat. Hier ist eine Korrektur hinsichtlich des „vorzeitigen Maßnahmenbeginns“ überfällig.

Die Fachgruppe Bauliches Recycling wird den Bauherrn weiter unterstützen, die Baumaßnahme praktisch umzusetzen.

10 Zusammenfassung der Projektergebnisse und Schlussfolgerungen zur Wieder- und Weiterverwendung von Betonelementen

Mit Bezug auf die u.a. im Rahmen dieser Projektarbeit gesammelten Ergebnisse kann vorangestellt werden, dass es sich lohnt, Betonelemente wiederzuverwenden. Neben den ökologischen sind die wirtschaftlichen Vorteile relevant. Langjährige Forschungstätigkeiten und bereits realisierte Projekte zeigen deutlich, dass Betonelemente ohne Qualitätsabschläge wieder- oder weiterverwendbar sind. Grundlage hierfür ist aber ein Bauelemente orientierter Rückbau sowie sich anschließende sorgfältige / ordnungsgemäße Logistikprozesse.

Jedoch: eine Wieder- / Weiterverwendungsmaßnahme hängt in erster Linie von der wirtschaftlichen Rentabilität ab. Einfluss darauf nimmt v.a. der logistische Aufwand für das jeweilige Projekt. Aufgrund der verlängerten Laufzeit des Projektes bedingt durch Verschiebungen von geplanten Bauvorhaben im In- und Ausland wurden die Transportkosten und -konstellationen für die gewählten Transportmittel, LKW, Bahn oder Schiff, im Rahmen der Möglichkeiten stetig aktualisiert und bei Logistikunternehmen abgefragt.

Übergeordnetes Ziel des Projektes war es, ein geplantes Wiederverwendungsprojekt in Russland im Raum Sankt Petersburg wissenschaftlich zu begleiten. Unter Federführung der russischen Projektpartner war es geplant, ein Demonstrationsvorhaben unter Verwendung von gebrauchten Betonelementen aus Ostdeutschland umzusetzen. Hierfür wurden eine Vielzahl von deutschen Unternehmen für die Akquise potenzieller Spendergebäude (Rückbau- und bauausführende Unternehmen) kontaktiert.

Leider kam es bisher, trotz einer Laufzeitverlängerung des Forschungsprojektes, zu keiner Umsetzung eines der initiierten Wiederverwendungsobjekte. Die russischen Partner haben sich kurzfristig, als sich das Wohnbauprojekt in der Endphase der Projektbearbeitung befand, zurückgezogen. Von den weiteren Verhandlungen sind sie zurückgetreten, weil die deutsche Seite nicht die Transportkosten bis zum Hafen Sankt Petersburg übernommen hat. Alle vorbereiteten Aktivitäten seitens der Fachgruppe Bauliches Recycling (vorbereitende Schreiben an russische Entscheidungsträger) fruchteten selbst mit Unterstützung der DBU bzw. des Engagements vom betreuenden Referatsleiter Herrn Heidenreich nicht.

In diesem Endbericht werden abschließend nur die Projekte zur Wiederverwendung von Betonelementen zusammenfassend wiedergegeben, die während der Projektbearbeitung am umfangreichsten mit eingebundenen Akteuren und Partnern diskutiert / bearbeitet worden sind.

Zunächst werden die Ergebnisse der ermittelten Vorzugsvarianten des Transports für die geplanten Wiederverwendungsprojekte (Mehrfamilienhäuser) in Russland im Raum Sankt Petersburg bzw. im Leningrader Gebiet vorgestellt.

Im Anschluss wird auf mögliche Vorhaben zur Bauteilwiederverwendung in Polen und Bulgarien im Hausbau eingegangen und auch hier fließen Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen ein.

Im Zuge der Projektlaufzeit wurden neue Kontakte geknüpft, um im Prozess Akteure Bauherren, Planer und Ausführende) für Wiederverwendungsmaßnahmen zu interessieren. Trotz intensiver Vorarbeiten sind auch diese Projekte noch nicht über den „Anbahnungsstatus“ hinaus gekommen. Es bestehen somit weiterhin Unsicherheiten für grenzüberschreitende Wiederverwendungsmaßnahmen, obwohl seitens der bulgarischen

Akteure die hochwertige Nachnutzung in Form von Wiederverwendungen als „weltweit einmaliger Lösungsansatz“ bekräftigt wird.

Um weitere Möglichkeiten für sinnvolle Nachnutzungen der Betonelemente zu finden, traten die russischen Partner an die Fachgruppe Bauliches Recycling heran, zu prüfen, ob alternativ eine Weiterverwendung von gebrauchten Deckenplatten im Landstraßenbau in Russland möglich ist. Wirtschaftliche Gesichtspunkte standen dabei im Vordergrund. Im Pkt. 8 wurde dieser Fragestellung nachgegangen.

Als erfreulich zu werten ist, dass die in der Antragstellung genannte Errichtung des Demonstrationsprojektes „Neubau einer Ferienanlage in Deutschland“ am Standort Casel am Gräbendorfer See unmittelbar bevorsteht. Der Baubeginn ist noch für das Jahr 2014 zu erwarten. Damit kann ein intensiver Entwicklungsprozess nach langer und umfangreicher Vorbereitung durch die Fachgruppe Bauliches Recycling endlich in die entscheidende Phase überführt und der Kreislaufwirtschaftsgedanke für Bauprodukte zumindest regional umgesetzt werden, insofern die Finanzierung des Bauvorhabens gesichert wird.

Nicht zuletzt dazu beigetragen hat der Bau und die wissenschaftliche Begleitung des Vereinshauses des Kolkwitzer Sportvereins 1896 e.V., unweit der Stadt Cottbus, im Jahre 2008 / 2009, bei dem 80 Betonelemente – aus dem Rückbau eines Plattenbaus am Standort Cottbus – eine Wiederverwendung fanden. Dieses Projekt hat Pilotcharakter bzw. kann als beispielgebend für Wohn- und Gesellschaftsbauten gelten. Aufgrund einer stetigen und zeitnahen Transparenz der Ergebnisse der wissenschaftlich begleitenden Untersuchungen bspw. auf Tagungen, Fachsymposien u.ä. wurde die Öffentlichkeitswirksamkeit über die Landesgrenzen Brandenburgs hinaus erfolgreich verbessert. Der Bau des Vereinshauses in Kolkwitz ist als gesonderter Teilbericht zum hier erarbeiteten Projekt dokumentiert.

Die entstandenen Bearbeitungsverzögerungen sind nicht auf die Arbeitsweise der Fachgruppe Bauliches Recycling zurückzuführen. Diese waren nicht beeinflussbar, da die Forschungsaufgabe in der wissenschaftlichen Begleitung lag. Koordinierungs- und Steuerungsprobleme für die notwendigen Finanzierungen der Wiederverwendungsmaßnahmen konnten seitens der Investoren nicht einvernehmlich gelöst werden. Eine mögliche Einflussnahme auf die Kooperationspartner / beteiligten Akteure wurde aktiv genutzt und bestand ausschließlich in der umfassenden beratenden Tätigkeit der Fachgruppe, in der Zusammenführung möglicher Partner sowie der Erstellung erforderlicher Stellungnahmen zu technischen, technologischen und logistischen Prozessen und der ökonomischen und ökologischen Bewertung als unterstützendes „Werkzeug“ für die jeweilige Wiederverwendungsmaßnahme.

10.1 Zusammenfassung der Ergebnisse zur wirtschaftlichen Betrachtung der TUL-Prozesse ausgewählter Wieder- / Weiterverwendungsprojekte

Wichtigste Entscheidungsgrundlage für ein Wiederverwendungsvorhaben ist, sich ein deutlicher wirtschaftlicher Vorteil für eine Wiederverwendung der Betonbauteile gegenüber dem Bau mit konventionellen Baumaterialien und -teilen für den Bauherrn ergibt. Die jeweiligen lokalen Randbedingungen, d.h. der Preis der neuen Baumaterialien und die Transport-, Umschlags- und Lagerungskosten sind ausschlaggebend.

Vorgenannter Punkt trifft insbesondere auf Russland zu. In den letzten Jahren wurden neue Betonwerke, z.T. unter Teilhaberschaft v.a. westeuropäischer Unternehmen und Firmengruppen, in Russland eröffnet bzw. vorhandene Anlagen ausgebaut. Generell befindet sich der Markt für Baustoffe im Umbruch. Die Bereitstellungskosten für Betonelemente variieren in Abhängigkeit des jeweils angebotenen Elementesortiments und hängen neben der Bestellmenge – aufgrund der lokalen Branchenspezifika – auch von wirtschaftlichen Kooperationen zwischen dem Fertigteilwerk und dem Bauunternehmen ab. Es ist üblich, Sonderkonditionen zwischen Rohstoff- und Baustoffhersteller (Produzenten), Banken und beteiligten Planungs- und Bauunternehmen auszuhandeln und individuelle Absprachen zu treffen.¹⁹⁵ Daher ist es schwierig, explizit Angaben zu aktuellen Herstellungspreisen von neuen, vergleichbaren Betonelementen in Russland zu ermitteln.

Nachfolgend werden die wichtigsten Projektergebnisse zur Wiederverwendung von Betonelementen zum Hausbau in Russland, Polen, Bulgarien und Deutschland zusammenfassend wiedergegeben.

Zunächst wird **auf Wiederverwendungsvorhaben in Russland im Raum Sankt Petersburg / Leningrader Gebiet** eingegangen.

Die Realisierung der beiden betrachteten Pilotprojekte ist als deutsch-russisches Gemeinschaftsvorhaben geplant (gewesen). Investor ist die russische Baufirma „Petrostrojprojekt“ unter Mitwirkung von russischen Beratern und Direktoren für Unternehmensentwicklung. Auf deutscher Seite wurde eine bauausführende Firma als Kooperationspartner für das Vorhaben gewonnen, um bei den vorbereitenden Maßnahmen bis hin zur Umsetzung mitzuwirken. Die Fachgruppe Bauliches Recycling hat die (Wieder-)Neubaumaßnahme initiiert.

In Absprache mit den russischen Projektpartnern orientierte sich die Akquise von gebrauchsfertigen Betonelementen aus (Teil-)Rückbauvorhaben in Ostdeutschland auf das Bauteilsortiment der Typenserie WBS 70.

Da im Zwischenbericht im Teil B¹⁹⁶ zum Demonstrations- / Pilotprojekt in **Newskaja Dubrowka**, Landkreis Vzevolosk, ca. **70 km östlich von Sankt Petersburg**, die Untersuchungen mit Sachstand 03/2011 ausführlich behandelt worden sind, werden im Folgenden nur die relevanten Ergebnisse dargestellt (vgl. Pkt. 6.1).

In direkter Nachbarschaft zu vorhandenen Bebauungsstrukturen sollte mit wiederverwendungsfähigen Betonbauteilen ein **dreigeschossiges**, nicht unterkellertes **Mehrfamilienhaus** mit einer **Gesamtfläche** von ca. **3.000 m²** errichtet werden.

Im Vorfeld ist durch die Fachgruppe Bauliches Recycling ein verfügbares Elementesortiment für das Pilotprojekt mit einer Fläche von rd. 3.000 m² zusammengestellt worden. Ermittelt wurde, dass insgesamt 658 Betonelemente (WBS 70) für das Pilotprojekt benötigt werden. Zum Sortiment gehören Decken, Außen-

¹⁹⁵ Aussage beruht auf Berichten der in Sankt Petersburg ansässigen Projektpartner.

¹⁹⁶ Mettke, A. et al.: Wiederverwendung von Plattenbauteilen in einem Vorort von Sankt Petersburg – Teil B, FO-Vorhaben DBU-AZ 22286/02-23, Fachgruppe Bauliches Recycling, BTU Cottbus, 2011.

und Innenwände, Drenpel-, Loggia- und Treppenelemente. Die Gesamtmasse aller Betonelemente beträgt rd. 2.433 t.

Ermittelt wurde, dass – bedingt durch Teilrückbaumaßnahmen von hauptsächlich 2 Geschossen – voraussichtlich zwei oder mehrere Rückbauvorhaben als potenzielle Spendergebäude zu akquirieren sind, um die Anzahl von 658 BE im Gewählten Sortiment bereit stellen zu können. Die Berechnungen zu den Kosten beziehen sich daher auf zwei Spendergebäude an zwei Rückbaustandorten mit unterschiedlichen Transportentfernungen.

Für den Bauteiltransport der Betonelemente nach Russland wurde folgende Vorzugsvariante ermittelt: Vorlauf per LKW, Schifftransport (RoRo-Fähre auf RoRo-Trailer) und Nachlauf per LKW. Als Hafen in Deutschland wurde der Fährhafen Sassnitz auf der Insel Rügen gewählt. Von dort gibt es zum Zeitpunkt der Betrachtung eine reguläre Linienverbindung zum Hafen Sankt Petersburg.

Die Ermittlung der Transportkosten ergibt sich aus den angesetzten Tarifen deutscher und russischer Logistikunternehmen unter Beachtung festgelegter Rahmenbedingungen für den Transport.

Die Gesamtkosten zur Bereitstellung der gebrauchten Betonelemente für die Wiederverwendung bis zur Baustelle in Nevskaja Dubrovka, Raum Sankt Petersburg, betragen rd. 285.000 €. Sie setzen sich aus den Kosten für die Vorbereitung (Planung, Prüfung, Bereitstellung und Bauteilsäuberung der Betonelemente), den TUL-Kosten (angenommen: 100 km Vorlauf, 70 km Nachlauf, Fracht- und Hafengebühren), Zollgebühren sowie Wagnis & Gewinn zusammen.

Die Kosten für vergleichbare, neue Betonelemente im Raum Sankt Petersburg belaufen sich auf etwa 488.000 €. Damit ergibt sich ein Kostenvorteil zugunsten der Wiederverwendung in Höhe von rd. 203.000 € (~ 42 % der Preise für neue Betonelemente). In Abhängigkeit des ermittelten Kostenvorteils von bspw. 40 % könnte im Vorlauf (Einzugsradius Spendergebäude) das gesamte Elementesortiment (Mix an Bauteilgruppen) für das Pilotprojekt 122 km, bei bspw. 30 % 265 km bis zum Hafen Sassnitz transportiert werden. Unter Beachtung des russischen Marktes ist zu empfehlen, mögliche Spenderobjekte in Deutschland so nah wie möglich in Hafennähe zu suchen und den (Re)Montageort unweit des Zielhafens, auch aus logistischen Gründen, auszuwählen.

Bei Betrachtung des gesamten benötigten Sortiments des Pilotprojektes können durch die Deckenplatten die größten Kostenersparnisse erzielt werden. Das Hauptsortiment, bestehend aus Deckenplatten, Innen- und Außenwandbauteile, deckt dabei ca. $\frac{3}{4}$ des Gesamtkostenvorteils ab.

Die überschlägigen Berechnungen lassen den Schluss zu, dass die Wiederverwendung gebrauchter Betonbauteile, die im Norden Ostdeutschlands gewonnen und im Raum Sankt Petersburg zum Hausbau eingesetzt werden, **wirtschaftlich interessant** ist. Die **Materialkosten zur Errichtung des Rohbaus** können um **30 – 40 % reduziert** werden.

Zusammenfassend wird festgestellt, dass die Wiederverwendung von gebrauchten Betonbauteilen – zurück gewonnen im Norden Ostdeutschlands – im Nahgebiet um Sankt Petersburg wirtschaftlich vertretbar ist und zu einer Senkung der Rohbaukosten beiträgt.

Jedoch, aufgrund dessen, dass „nur“ ein Kostenvorteil von etwa 34 % für die russische Seite entsteht und die Transportkosten bis zum Hafen Sankt Petersburg von der deutschen Seite nicht getragen werden, traten

die russischen Partner vom Pilotvorhaben zurück und brachen den Kontakt zur Fachgruppe Bauliches Recycling ab. Alle Bemühungen des telefonischen Austauschs, der unzähligen E-Mailschreiben / Kontakte, gesonderter persönlicher Absprachen der Projektleiterin mit Herrn Nikiforov als Vertreter der russischen Projektpartner an unterschiedlichen Standorten in Ostdeutschland scheiterten. Konnte dieses Projekt nicht weiter verfolgt werden.

Stattdessen wurde seitens der russischen Projektpartner im Jahre 2011 ein neuer Standort favorisiert: **Lodeinoje Pole im Leningrader Gebiet** (s. Pkt. 6.2). Die Ausführungen für diesen Standort verdeutlichen den Sachstand per 02/2014, wobei Rechercheergebnisse und Berechnungen ab dem Jahr 2011 eingeflossen sind.

Bei diesem geplanten Demonstrationsprojekt stellte sich gegenüber 2011 das Ergebnis (Gewinnmarge für die russischen Projektpartner), d.h. das erzielbare finanzielle „Polster“ gegenüber der Neuteilverwendung auf Grundlage der Berechnungen für die Jahre 2012 - 2014 verändert dar.

Bei dem hier betrachteten Neubauvorhaben handelt es sich wiederum um ein **dreigeschossiges**, nicht unterkellertes **Mehrfamilienhaus**, jedoch mit einer verminderten **Gesamtfläche** von nun ca. **1.900 m²**.

Durch die Fachgruppe Bauliches Recycling wurde ermittelt, dass für diese Variante insgesamt 309 Betonelemente (WBS 70) benötigt werden. Hierzu gehören Decken, Außen- und Innenwände sowie Treppenelemente. Die Gesamtmasse aller Betonelemente beträgt ~ 1.480 t.

Für den Bauteiltransport der Betonelemente nach Russland wurde erneut die Vorzugsvariante aus LKW- und Seetransport angesetzt, wobei die Transportkonditionen aktualisiert wurden. Der Vor- und Nachlauf erfolgt wiederum per LKW, der Schiffstransport per RoRo-Fähre auf RoRo-Trailern. Als Hafen in Deutschland wurde unter Berücksichtigung der gesetzten Randbedingungen seitens des Logistikunternehmens der Hafen Lübeck gewählt. Von dort gibt es, neben dem Fährhafen Sassnitz, ebenfalls reguläre Verbindungen zum Hafen Sankt Petersburg.

Die Ermittlung der Transportkosten ergibt sich aus den angesetzten Tarifen von Logistikunternehmen und unter Beachtung festgelegter Rahmenbedingungen für den Transport.

Die Gesamtkosten der Wiederverwendung betragen rd. 228.600 €. Sie setzen sich aus den Vorbereitungskosten (Planung, Prüfung, Bereitstellung und Bauteilsäuberung der Betonelemente), den TUL-Kosten (angenommen: 250 km Vorlauf: 48.400 €, 230 km Nachlauf: 44.400 €, Fracht- und Hafengebühren), Zollgebühren sowie Wagnis & Gewinn zusammen.

Die Kosten für vergleichbare, neue Betonelemente im Leningrader Gebiet belaufen sich auf etwa 248.600 €. Damit ergibt sich ein Kostenvorteil zugunsten des Einsatzes von gebrauchten Betonelementen, die aus Ostdeutschland antransportiert werden in Höhe von rd. 20.000 € (~ 92 % der Preise für neue Betonelemente).

Ein Vergleich von Kostenvorschlägen zu den Gesamtbaukosten durch die russischen Projektpartner bestätigt die ermittelten Kostenvorteile zugunsten der Wiederverwendung, denn sie belaufen sich auf etwa 12 – 21 %.

Gründe für die minimalen Kosteneinsparungen sind insbesondere in der Summierung aus höheren Transportkosten im LKW-Vorlauf in Deutschland, der höheren Transportentfernung vom Hafen in Sankt

Petersburg nach Lodejnoje Pole, der Erhöhung der Transportkosten beim Seetransport um etwa 6 % in Summe und dem Stand des derzeitigen Kurses Rubel zu Euro zu suchen.

Um effektiv Kosten einzusparen, wird auch hier empfohlen mögliche Spenderobjekte so nah wie möglich in Hafennähe zu suchen und den (Re)Montageort unweit des Zielhafens, auch aus logistischen Gründen, auszuwählen. Der erst genannte Punkt wird sich bis auf weiteres als schwierig darstellen, da der Hafen Lübeck nicht in unmittelbarer Nähe zu potenziellen Demontagebaustellen in Ostdeutschland liegt und entsprechend längere Vorlaufentfernungen existieren. Hier gilt es stetig Anfragen an Logistikunternehmen für den Seetransport zu stellen und die Möglichkeiten auszuloten, als Abfahrtshafen den Fährhafen Sassnitz oder auch Rostock wählen zu können.

Die Kostenkalkulationen zum Wiederverwendungsprojekt in Lodejnoje Pole kommen zu dem Ergebnis, dass, unter Berücksichtigung der gegebenen Transportkonstellationen und Transportentfernungen, die **Wiederverwendung** gebrauchter Betonbauteile, die vornehmlich im Norden Ostdeutschlands gewonnen und zum Bau des MFH eingesetzt werden, **nicht wirtschaftlich** vertretbar ist.

Da die Umsetzung eines Wiederverwendungsvorhabens in Russland bisher nicht möglich wurde, konzentrierten sich parallel den Bemühungen zur **Wiederverwendung von Betonelementen auf andere europäische Staaten**, wo ein Bedarf an (preiswertem) Wohnraum besteht. Explizit wurden **Polen sowie Bulgarien** und hier die Standorte Zielona Góra und Sofia, mit unterschiedlich weiten Transportentfernungen vom angenommenen Spendergebäude-Standort Cottbus, ausgewählt (s. Pkt. 7).

Auf Basis eines Entwurfsvorschlags für **zwei Musterhäuser**, erstellt von der Fachgruppe Bauliches Recycling, wurden die jeweiligen Transportvarianten untersucht und im Kostenvergleich zum Neubau mit konventionellen Baumaterialien in Polen bzw. Bulgarien hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit geprüft.

Die beiden Musterhäuser haben eine Brutto-**Grundfläche (BGF) von 400 m² bzw. 340 m²** und sind in 2 Varianten (**eingeschossig bzw. ein-/zweigeschossig mit Vollunterkellerung**) ausgeführt. Durch die Fachgruppe Bauliches Recycling wurde ermittelt, dass für beide Gebäude insgesamt 111 Betonelemente (Typenserie P2) benötigt werden. Hierzu gehören Decken, Außen- und Innenwände. Die Gesamtmasse aller Betonelemente beträgt 474,5 t.

Der potenzielle (Re)Montageort **Zielona Góra (Polen)** liegt etwa 110 km entfernt vom gewählten Demontageort Cottbus. Es sollte hiermit ein nah gelegenes, grenzüberschreitendes Wiederverwendungsprojekt im grenznahen Raum Deutschland – Polen abgebildet werden. Zudem wäre eine Realisierung an diesem Standort nach Aussagen eingebundener Akteure sinnvoll.

Als Vorzugsvariante für den Bauteiltransport der Betonelemente (Cottbus – Zielona Góra) wurde der direkte LKW-Transport ermittelt.

Die Gesamtkosten der Wiederverwendung betragen rd. 27.000 €. Sie setzen sich aus den Vorbereitungskosten (Planung, Prüfung, Bereitstellung und Bauteilsäuberung der Betonelemente) und den TUL-Kosten zusammen.

Im Vergleich wurden die Kosten für den Hausbau in analoger Größe aus konventionellen Baumaterialien, Mauerwerk und Filigrandecke, herangezogen. Diese belaufen sich auf etwa 63.000 €. Damit ergibt sich ein

Kostenvorteil zugunsten der Wiederverwendung in Höhe von rd. 36.000 € (~ 57 % der Preise für neue konventionelle Bauelemente) beim LKW-Transport.

Somit stellt sich die **Wiederverwendung von Betonelementen aus Ostdeutschland in Polen am Standort Zielona Góra** im Vergleich zum Neubau der Musterhäuser aus konventionellen Baumaterialien als **wirtschaftlich interessant** dar. Die Kosten des Bauteiltransports aus Deutschland inkl. der kalkulierten Vorbereitungskosten des hierfür gewählten Elementesortiments betragen etwa nur die Hälfte der ermittelten Kosten für die Verwendung von neuen konventionellen Baumaterialien direkt vor Ort in Zielona Gora.

Realistisch scheint, um einen erzielbaren Kostenvorteil der Wiederverwendung des hier betrachteten Betonelementesortiments für den Bau der beiden Generationswohnhäuser in Zielona Gora von mindestens 30 – 40 % zu erreichen, eine max. Vorlaufstrecke (Spenderort – (Re)Montageort) für die Anlieferung der Betonelemente per LKW von nicht mehr als etwa 250 km.

Daher wird zusammenfassend festgestellt, dass die **Wiederverwendung von gebrauchten Betonbauteilen** – zurück gewonnen in Ostdeutschland – **im grenznahen Raum des Nachbarstaates Polen wirtschaftlich sinnvoll** ist und in Abhängigkeit der Transportentfernung Spenderort(e) – (Re)Montageort zu einer Senkung der Rohbaukosten beitragen kann.

Der **Untersuchungsstandort Sofia (Bulgarien)** ist vom angenommenen Demontagestandort Cottbus etwa 1.600 km entfernt. Aufgrund der weiten Transportentfernung wurden sowohl der LKW-Transport als auch der kombinierte Transport aus LKW, Bahn bzw. Binnenschiff untersucht.

Maßstab für die Wirtschaftlichkeit einer Wiederverwendung von Betonelementen aus Ostdeutschland in Bulgarien stellen im Vergleich die vor Ort aufgerufenen Neuteilpreise für Baumaterialien zur Errichtung der beiden betrachteten Musterhäuser dar. Gewählt wurden die Preise für die in Bulgarien häufig anzutreffende Massivbauweise aus Mauerwerk und Stahlbetondecke. Diese belaufen sich für das Häuserpaar in Höhe von rd. 61.000 €.

Unter Berücksichtigung der Aspekte einer höheren logistischen und zeitlichen Flexibilität wurde als Vorzugsvariante für den Bauteiltransport der Betonelemente vom Spenderort Cottbus nach Sofia der direkte LKW-Transport ermittelt. Hierfür addieren sich die Gesamtkosten der Wiederverwendung in dieser Vorzugsvariante auf rd. 106.000 €. Sie setzen sich aus den Vorbereitungskosten (Planung, Prüfung, Bereitstellung und Bauteilsäuberung der Betonelemente) und den TUL-Kosten zusammen. Der kombinierte Transport aus LKW-Transport im Vor- / Nachlauf und Bahntransport ist mit etwa 100.000 € von den veranschlagten Kosten her fast identisch. Der Transport der BE über den Binnenwasserweg (Donau) ist unter Kostengesichtspunkten nicht realistisch, da bereits für den Vor- und Nachlauf per LKW aufgrund der weiten Transportwege zu / ab den Binnenhäfen (Regensburg, Vidin) mit einem entsprechenden Kostenaufwand von in Summe 58.000 € (inkl. Vorbereitungskosten der BE und Wagnis&Gewinn)-Zuschlag) notwendig werden.

Im Vergleich zur Verwendung neuer Baumaterialien entfallen alle Transportvarianten. Im Ergebnis der Untersuchungen ist somit festzustellen, dass die **Wiederverwendung von Betonelementen aus Ostdeutschland in Bulgarien am Standort Sofia** im Vergleich zum Neubau der Musterhäuser **nicht wirtschaftlich** ist. Die Kosten des favorisierten LKW-Bauteiltransports aus Deutschland inkl. der kalkulierten

Vorbereitungskosten des hierfür gewählten Elementesortiments übersteigen die Kosten für die Verwendung von neuen konventionellen Baumaterialien aus Bulgarien direkt vor Ort um das 1,7-fache.

Die erneute Betrachtung der TUL-Kosten an diesen beiden genannten Beispielen zeigt, dass der Transport und notwendige Bauteilumschläge in der Logistikkette die entscheidenden Kostenpositionen darstellen, weswegen diese zur Realisierung eines solchen Vorhabens möglichst gering gehalten werden müssen. Dies spiegelt sich auch darin wieder, dass für beide im Rahmen dieser Arbeit betrachteten Zielstandorte der durchgehende LKW-Transport mit je nur zwei Umschlägen die jeweils kostengünstigste Transportkombination darstellt.

Hingegen ist die **Weiterverwendung von Betonelementen (Deckenplatten) aus dem Gebäuderückbau Ostdeutschlands im russischen Landstraßenbau** generell denkbar. Jedoch, für den angenommenen Praxisfall, einer Verbringung von rückgebauten Deckenplatten nach Kaliningrad für den Landstraßenbau mittels der Transportkombination aus LKW im Vorlauf und dem Seetransport ergaben die Berechnungen (s. Pkt. 8), dass sich für eine derartige Weiternutzung **kein Kostenvorteil** gegenüber dem Bau mit neuen Betonplatten ergibt. Die hohen Transportkosten stehen dem entgegen. Legt man wie bspw. im Ansatz eine Wegstrecke von 1 km zugrunde, würde für die einlagige Anordnung der Deckenplatten ein Bedarf von 667 Stück bestehen. Da es für derartig große Mengen derzeit keine zwischenzeitliche Lagerhaltung gibt, sind diese somit auch nicht in voller Anzahl abruf- / verfügbar sind. Mehrere Spenderobjekte wären zu akquirieren. Insofern steht der logistische Aufwand in keinem Verhältnis zum Nutzen.

10.2 Ökologische Aspekte der Wieder- / Weiterverwendung von Betonelementen

Auch wenn mit hoher Wahrscheinlichkeit für die meisten Investoren hauptsächlich die wirtschaftliche Rentabilität eines wie in dieser Arbeit vorgestellten Projekte für die tatsächliche Durchführung maßgebend ist, spielen vielmehr die ökologischen Aspekte einer sinnvollen Nachnutzung der Betonelemente in Gänze im Zuge einer Wieder- bzw. Weiterverwendung eine sehr entscheidende Rolle.

Der sinnvolle Umgang mit den großformatigen Betonelementen steht in einem unmittelbaren Kontext der aktuellen Diskussion zu möglichen und relevanten Energie- und Ressourceneinsparpotenzialen, nicht nur bezogen auf das Bauwesen. Denn: In jedem gebrauchten Betonelement sind bereits natürliche Ressourcen „gebunden“. Erhebliche Mengen an Energie sind bei der Bereitstellung der Ausgangsmaterialien sowie für die Betonproduktion aufgewandt und gleichzeitig klimarelevante Emissionen freigesetzt worden.

Daher ist grundsätzlich eine lange Lebensdauer von Bauelementen anzustreben, um die Energie- und Emissionsmengen für eine vergleichbare Menge neu zu produzierender Baumaterialien bzw. -elemente einsparen zu können. Mittels Wiederverwendungen, dem Erhalt der Betonelemente in Gänze, ist dies beispielsweise bestens möglich.

In welchen Größenordnungen Energie und klimarelevante Emissionen durch Wiederverwendungen eingedämmt werden können, sollen nachstehende Berechnungen am Beispiel des geplanten Pilotprojektes

in **Newskaja Dubrowka**, ca. **70 km östlich von Sankt Petersburg**, mit Bezug auf die Ausführungen in Pkt. 6.1 sowie Pkt. 10.1, nochmals verdeutlichen.

Obwohl die Betonelemente über 1.500 km transportiert werden müssen (Spenderort bis (Re)Montagebaustelle) betragen die Energieaufwände, welche sich aus den TUL-Prozessen für die Wiederverwendung der 658 Betonelemente ergeben, rd. 1.800 GJ. Hingegen beläuft sich die Neuteilproduktion der 658 BE auf 5.640 GJ. Es ergibt sich in Summe eine Einsparung an Energie in Höhe von rd. 3.840 GJ (~ 68 %). D.h., lediglich ca. 1/3 der aufzuwendenden Energie zur Herstellung neuer Betonelemente wird benötigt. In den Berechnungen sind LKW-Transporte, der Schifftransport sowie die Bauteilumschläge und die Demontage der Betonelemente berücksichtigt. Lässt man den Energieaufwand der Demontage (~ 382 GJ) außen vor, so beträgt der energetische Aufwand der TUL-Prozesse in Vorbereitung der Wiederverwendung der 658 Betonelemente nur rd. 30 % (~ 1.420 GJ) des erforderlichen Energieeinsatzes der Neuteilproduktion.

Die Emissionsbetrachtung ergab, dass die CO₂-Emissionswerte der Neuteilproduktion (658 BE) mit 959 t etwa 7,5-mal höher sind als die Bereitstellung der gebrauchten Betonelemente für das Pilotvorhaben – angeliefert aus Deutschland (rd. 127 t CO₂ → nur noch 13 % der Neuteilproduktion). Der SO₂-Ausstoß der Neuteilproduktion mit ~ 1.960 kg beträgt etwa das 3-fache gegenüber der Wiederverwendung mit 595 kg. Anstatt ~ 1.470 kg NO_x werden für die Bereitstellung rd. 890 kg emittiert, was einer NO_x-Einsparung von rd. 40 % entspricht.

Noch einfacher dargestellt, der Primärenergiebedarf, d.h. der kumulierte Energieaufwand (KEA_H) für die Herstellung eines neuen Betonfertigteils liegt nach GaBIE¹⁹⁷ bei 2.318 MJ_{prim}/t.

Bspw. bedeutet dies für ein Deckenelement bei einer Masse von rd. 3,5 t ein Energieaufwand von etwa 8.000 MJ, für eine Stahlbetoninnenwand mit rd. 3,1 t ein Energieaufwand von etwa 7.200 MJ.

Vergleichsweise verbraucht ein 3-Personen-Haushalt in Deutschland durchschnittlich 3.900 kWh (14.040 MJ) pro Jahr. Auf bspw. nur ein Deckenelement bezogen, wird eine Energiemenge benötigt, die ein 3-Personen-Haushalt in etwa einem halben Jahr verbraucht.¹⁹⁸ Anders ausgedrückt, müssten für die Erzeugung von 8.000 MJ/Deckenelement ca. 270 kg Steinkohle, 900 kg Braunkohle oder ca. 220 l Heizöl eingesetzt werden (Ansatz Heizwerte 8,1 kWh/kg Steinkohle, 2,4 kWh/kg Rohbraunkohle bzw. 10 kWh/l Heizöl).

Die o.a. Ergebnisse verdeutlichen eindrucksvoll, welche enormen Ressourceneinsparpotenziale in der Wieder- u./o. Weiterverwendung von Betonelementen, selbst für untergeordnete Zwecke, liegen.

Außerdem trägt das Bauteilrecycling dem Vermeidungsgedanken von Bauabfällen gemäß § 6 (1) KrWG Rechnung (höchste Priorität). D.h., der Entstehung von Bauabfall kann bei Erfüllung der Vorgaben nach KrWG entgegen gewirkt und Energie- sowie Stoffflüsse können reduziert werden.

¹⁹⁷ Angaben zu KEA [MJ] entnommen aus: GaBIE – Ergebnisse zur Ganzheitlichen Bilanzierung von Baustoffen, <http://www.ffe.de/images/stories/Berichte/Gabie/baustoff.htm>.

¹⁹⁸ 1 kWh = 3,6 MJ; Durchschnittlicher Stromverbrauch 3-Personen-Haushalt: 3.900 kWh/a bzw. 14.040 MJ/a;

Unter der Annahme, dass im Zuge des fortgeführten Stadtumbaus bis zum Jahr 2016 bei weiteren Rückbaumaßnahmen in Höhe von 200.000 bis 250.000 WE (s. Pkt. 2) 60 % auf Plattenbauten entfallen, würden 120.000 bis 150.000 WE demontiert werden. D.h. es würden bei angenommenen rund 30 verbauten Betonelementen pro WE 3,6 Mio. bis 4,5 Mio. Elemente anfallen. Stuft man hiervon 40 – 80 % als wiederverwendungs- oder weiterverwendungsgeeignet ein und führt diese in Gänze dem Produktkreislauf zu, so entspräche dies einer Menge von 1,5 Mio. (3,6 Mio. BE x 0,40) bis 2,7 Mio. (4,5 Mio. BE x 0,60) Betonelementen. Bei einem durchschnittlichen Gewicht von 3,0 t/BE wären dies rund 4,5 Mio. t bis 8,1 Mio. t Bauabfallvermeidung, d.h., pro Jahr würden etwa 1 bis 2 Mio. t weniger Bauabfallmengen anfallen.

Dennoch, obwohl sich die voraussichtlichen Energie- und Emissionsreduzierungen als außerordentlich exorbitant darstellen, spielt bisher die Wieder- bzw. Weiterverwendung von Betonelementen als potenzieller Teilbeitrag zur Ressourcenschonung immer noch in der Öffentlichkeit und Politik weitestgehend keine Rolle.

10.3 Fazit und Resümee für zukünftige Wieder- / Weiterverwendungsvorhaben

Insgesamt lässt sich feststellen, dass Wiederverwendungsvorhaben unter Verwendung von Betonelementen in Verbindung mit kurzen Distanzen auf dem Straßenweg oder im Falle größerer Entfernungen nur bei sehr gutem Infrastrukturanschluss in Verbindung mit einer geringen Umschlaganzahl bei einer Kombination verschiedener Transportmittel wirtschaftlich und ökologisch sinnvoll sind.

Im Rahmen weiterer wissenschaftlich begleitender Untersuchungen sollte geklärt werden, welche technischen Normen, Standards und Regelwerke für die Wiederverwendung von gebrauchten Betonelementen in den MOE-Ländern wie z.B. Russland, Polen und Bulgarien als Grundlage herangezogen und modifiziert werden können. Auch die Frage, welche rechtlichen Vorgaben aus den anderen Bereichen ggf. übertragbar sind, ist herauszuarbeiten. Empfohlen wird, ein Netzwerk bspw. unter dem Namen REUSE aufzubauen, um praktische Umsetzungen anzuregen. Welche Strukturen und Verfahrensweisen im jeweiligen europäischen Land zu beachten sind, würden dazu führen, den Verfahrensablauf und die Wiederverwendungspotenziale zu optimieren.

Der Kostenvorteil einer Wiederverwendung minimiert sich, je weiter die (Re)Montagebaustelle von dem/den Spenderort(en) entfernt ist, Transportkombinationen durch zusätzliche Umschläge und der Wahl geeigneter Transportmittel einen logistischen Mehraufwand erzeugen.

Daher wird mit jetzigem Kenntnisstand empfohlen, sich trotz der gesetzten Zielvorgabe auch und gerade auf Aktivitäten in Deutschland und regionale Projekte zu konzentrieren. Der nächste Schritt, Wiederverwendungsvorhaben auch über die Ländergrenzen Ostdeutschlands hinaus anzugehen, sollte zunächst besonders im Zuge von Katastrophenmaßnahmen verfolgt werden.

Hierbei macht es auch Sinn, sich auf ein ausgewähltes Betonelementesortiment (Außen- und Innenwände, Deckenplatten und ggf. Treppenstufenelemente) zu beschränken, um so schnellst möglichst einfache Bauten errichten und den Logistikaufwand optimieren zu können.

Zudem ist es für die Durchführung von Wiederverwendungsvorhabens von Vorteil, verlässliche Kooperationspartner zu integrieren, da gerade im Bereich der Logistik sorgfältig mit den Bauteilen umgegangen werden muss.

Tatsache ist, alle Beteiligte sind in ihrem Handeln gefordert, um den Zielen gesetzter Ressourcenprogramme und dem Kreislaufgedanken insbesondere im Bauwesen gerecht zu werden.

Die Anwendung übergeordnet angestrebter europäischer Zielvorgaben zur Ressourcenschonung und zum Ressourcenverbrauch auf Bundes- und Landesebene werden bisher nicht vollends umgesetzt. Offizielle Bekundungen der Politik zum Ressourcenschutz und die Umsetzung in der Praxis durch Entscheidungsträger und Verantwortliche laufen bei weitem noch nicht synchron. Hier war im Zuge der Projektbearbeitung und danach noch eine Vielzahl an Defiziten im Verständnis der ökologischen Relevanz und zur Notwendigkeit ressourcenschonender Bauweisen feststellbar. Zudem sind die formellen Vorgaben wie „vorzeitiger Maßnahmenbeginn“, was die Förderung bzw. die Finanzierung angeht, mit Bezug zur Wieder- und Weiterverwendung von Bauteilen nicht mehr zeitgemäß (vgl. Ausführungen Pkt. 9.1) bzw. die Bewilligung der kreditgünstigen Finanzierung, zu starr ausgelegt. Erforderlich wird deshalb eine dringende Überarbeitung der Vorgaben.

Die vielen vorbereitenden Anfragen und Gespräche zur Gewinnung der Betonelemente für die Pilotvorhaben führen zu der Erkenntnis, dass in Abhängigkeit zeitlicher Vorgaben zwischen dem (Teil)Rückbau von Spendergebäuden und der Betonelementesicherstellung unmittelbar in bereits laufende Ausschreibungsvorgänge beim Bauherrn / dem ausführenden Planer Einfluss genommen werden muss.

Deshalb muss schon sehr früh in den Planungsprozess eingegriffen werden, um die Betonelemente an verschiedenen Spendergebäuden im Rahmen der Rückbaumaßnahmen sicherzustellen.

Begriffe / Glossar

Altbetonelemente / gebrauchte Betonelemente

schon einmal in Nutzung gewesene, rückgebaute, wieder- / weiterverwendungsfähige Betonelemente.

(Re)Montage - Wiedermontage

Die (Re)Montage entspricht dem wiederholten Vorgang der Montage und beinhaltet das erneute Zusammenfügen von gebrauchten, wiederverwendungsfähigen Bau-/resp. Betonelementen mit oder ohne Aufarbeitung zu Bauwerksteilen, Bauwerken und baulichen Anlagen. Eine Kombination mit neuen Bauelementen und/oder monolithischen Konstruktionen sowie anderen Werkstoffen ist möglich.¹⁹⁹

Wiederverwendung (Produktrecycling / Up-Cycling)

„[...] ist der wiederholte Gebrauch eines Produktes für den gleichen oder ähnlichen Verwendungszweck, für den es ursprünglich hergestellt wurde. So handelt es sich um eine Wiederverwendung, wenn Bauelemente durch schonende Demontage (bauelementeorientierter Rückbau) zurückgewonnen werden, um sie entweder in der bestehenden oder in veränderter Form/ Geometrie wiederholt einzusetzen.“²⁰⁰

Weiterverwendung (Produktrecycling)

[...] ist die Verwendung von gebrauchten Bauteilen für einen anderen (sekundären) Verwendungszweck als ursprünglich unter Beibehaltung der vorhandenen Gestalt ohne bzw. mit beschränkter geometrischer Veränderung. Bspw. werden rückgebaute Plattenbauteile aus dem Wohnungsbau zur Herstellung einer Lärmschutzwand, zur Böschungssicherung, im Wegebau, als verlorene Schalung usw. verwendet.²⁰¹

¹⁹⁹ Mettke, A.; Thomas, C.: Wiederverwendung von Gebäuden und Gebäudeteilen, Reihe Materialien zur Abfallwirtschaft, Landesamt für Umwelt und Geologie des Freistaates Sachsen (Hrsg.), Radebeul 1999, S. 12.

²⁰⁰ ebenda.

²⁰¹ Mettke, A.: Plattenumbauten. Wieder- und Weiterverwendungen – Anwendungskatalog II, FG Bauliches Recycling, LS Altlasten, BTU Cottbus, 2003.

Abkürzungen

Abb.	Abbildung	L	Länge
Abs.	Absatz	LB	Loggiabrüstungsplatte
Abschn.	Abschnitt	LD	Loggiadeckenplatte
AK	Arbeitskraft	lfdm.	laufender Meter
allg.	allgemein	li.	links
AW	Außenwand	LKW	Lastkraftwagen / Sattelzug
B	Breite	LS	Lehrstuhl
BE	Betonelement	lt.	laut
BE	Baustelleneinrichtung	LW	Loggiawand
BGF	Brutto-Grundfläche	max.	maximal
bspw.	beispielsweise	MFH	Mehrfamilienhaus
BTF	Bauteilfläche	min.	minimal
BZ	Badzelle	min	Minute
bzgl.	bezüglich	Mio.	Million(en)
BZS	Bauzustandsstufe	Mrd.	Milliarde(n)
bzw.	beziehungsweise	MwSt.	Mehrwertsteuer
ca.	circa	n	Anzahl
D	Dicke	NG	Normalgeschoss
d.h.	das heißt	o.a.	oben aufgeführt
De	Demontage	o.g.	oben genannt
DG	Dachgeschoss	OG	Obergeschoss
DP	Deckenplatte	PEI	Primärenergieinhalt
E	Energieaufwand	PK	Portalkran
EFH	Einfamilienhaus	Pkt.	Punkt
EG	Erdgeschoss	Po	Podest
einschl.	einschließlich	PSA	Persönliche Schutzausrüstung
et.al.	et alterae (und andere)	PVC	Polyvinylchlorid
etc.	et cetera	RC	Recycling
FG	Fachgruppe	rd.	rund
FO	Forschung	Re	Remontage / (Re)Montage
FZK	Fahrzeugkran	re.	rechts
H	Höhe	resp.	respektive
Hrsg.	Herausgeber	RoRo	Roll-on-Roll-off
i.d.R.	in der Regel	Rub.	Russischer Rubel
i.M.	im Mittel	s.	siehe
inkl.	inklusive	S.	Seite
IW	Innenwand	sec	Sekunde
K	Kosten	sog.	So genannt
k.A.	keine Angaben	spez.	spezifisch
KG	Kellergeschoss	Std.	Stunde
KMF	künstliche Mineralfasern		

T	Transport
Tab.	Tabelle
TDK	Turmdrehkran
TP	Treppenpodest
TS	Treppenstufenelement
TUL	Transport-, Umschlag- und Lagerprozesse
u.a.	und andere
u.v.a.	und viele andere
usw.	und so weiter
v.a.	vor allem
Var.	Variante
VEB	Volkseigener Betrieb
vgl.	vergleiche
WBK	Wohnungsbaukombinat
WBS	Wohnbauserie
WBS 70	Wohnbauserie 70
WE	Wohneinheit(en)
Wfl.	Wohnfläche
WV	Wiederverwendung
z.B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil
zul.	zulässig

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Prognose zum Leerstandsrisiko im vermieteten Geschosswohnungsbestand in Deutschland bis 2025	8
Abb. 2: Mögliche Transportvarianten für einen Bauteiltransport	15
Abb. 3: LKW-Transport – Wandtransport mit Innenlader und Kassetten (li.), Deckentransport (re.).....	16
Abb. 4: Wandtransport mittels Schrägbockgestell (li.) oder Kassetten für den Innenlader-Transport (mi. / re.).....	21
Abb. 5: Siedlung Nevskaja Dubrovka östlich von Sankt Petersburg	26
Abb. 6: Bebauungsgebiet Nevskaja Dubrovka	26
Abb. 7: Vereinfachte Darstellung Grundriss Normalgeschoss WBS 70 (Wandplan, 3 Sektionen).....	27
Abb. 8: Beispiel eines Spendergebäudes der Typenserie WBS 70 (Templin), Ansicht von SW	31
Abb. 9: Beispiel eines Spendergebäudes der Typenserie WBS 70 (Templin), Ansicht von SO/N	31
Abb. 10: Übersicht zu hauptsächlich eingesetzten Transportmitteln und -hilfsmitteln	32
Abb. 11: Übersichtskarte des Linienverkehrs per Schiff nach Sankt Petersburg.....	33
Abb. 12: Transportkonzept des Wiederverwendungsvorhabens in Nevskaya Dubrovka	34
Abb. 13: MA40´Rolltrailer im Hafen Sassnitz	35
Abb. 14: Variante mit max. Beladung eines 40´RoRo-Trailers (95 t) mit 27 Deckenplatten (B x L: 1,80 m x 6,00 m), Darstellung ohne Ladungssicherung	36
Abb. 15: Variante der Beladung eines 40´RoRo-Trailers mit 10 Außenwänden (L: 6,00 m) mit Überhang; Darstellung ohne Ladungssicherung	36
Abb. 16: Kostenzusammensetzung: Vorbereitung der BE zur Wiederverwendung / Transport der Altbetonbauteile.....	45
Abb. 17: Gegenüberstellung Energieaufwand Betonneuteilbereitstellung (RU) / Transport und Umschlag Betonelemente (2.433 t)	49
Abb. 18: Gegenüberstellung atmosphärisch relevanter Emissionen der Neuteilproduktion und der Transportkombination LKW- und Seetransport für die Bereitstellung von 2.433 t Betonbauteilen	50
Abb. 19: Baugrundstück, M 1: 4000	52
Abb. 20: Luftbild, M 1:2000.....	52
Abb. 21: Lageplan, M 1:1000 (li.), Vorschlag zum Gebäudestandort, M 1:1000 (re.).....	52
Abb. 22: Straßenansicht (M 1:400).....	53
Abb. 23: Innenhofansicht (M 1:400)	53

Abb. 24: Grundriss Erdgeschoss, tragende Wände (M 1:400)	54
Abb. 25: Grundriss Erdgeschoss, Ausschnitt (M 1:200).....	54
Abb. 26: Grundriss 1. Obergeschoss, Ausschnitt (M 1:200)	55
Abb. 27: Grundriss 2. Obergeschoss, Ausschnitt (M 1:200)	55
Abb. 28: Deckenverlegeplan über EG und 1. OG (M 1:200), Eckmodul (li.), normales Modul (re.)	56
Abb. 29: Wandplan tragender Wände (M 1:200), EG Eckmodul (li.), 1. und 2. OG normales Modul (re.)	56
Abb. 30: Spendergebäude der Typenserie WBS 70 mit Mittelgangerschließung (Templin).....	60
Abb. 31: Beladungskonzept 40´RoRo-Trailers (95 t) mit 16 Deckenplatten (B x L: 3,00 m x 6,00 m), Darstellung ohne Ladungssicherung.....	63
Abb. 32: Transportentfernung Cottbus (A) - Zielona Gora (B): ca. 100 km.....	76
Abb. 33: Transportentfernung Cottbus (A) – Sofia (B): ca. 1.600 km	76
Abb. 34: Musterhausentwurf – Variante 1, Straßenansicht (li.), Gartenansicht (re.)	77
Abb. 35: Musterhausentwurf – Variante 2, Straßenansicht (li.), Gartenansicht (re.)	77
Abb. 36: Grundriss Erdgeschoss (Variante 1 und 2).....	78
Abb. 37: Schnitt A-A, Variante 1 (li.), Variante 2 (re.).....	78
Abb. 38: Drehgestellflachwagen (6-achsig), Typ Sa(l)mmnps 706	81
Abb. 39: Flächenbedarf der Ladung im Vergleich zur Waggonfläche.....	84
Abb. 40: Beladungskonzept Bahn-Transport Cottbus-Zielona Gora.....	85
Abb. 41: Beladungskonzept Bahn-Transport Cottbus-Sofia.....	86
Abb. 42: Donau-Schubverband mit 2 Schubleichtern	88
Abb. 43: Beladungskonzept Schiffftransport auf einem Schubleichter	88
Abb. 44: Direkttransport der BE per LKW (Cottbus – Zielona Gora).....	96
Abb. 45: Bahnstrecke Cottbus – Zielona Gora.....	96
Abb. 46: Transportkette LKW – Bahn - LKW (Cottbus – Zielona Gora).....	97
Abb. 47: Maximale Transportentfernung des Spender- und Zielorts für ein sich wirtschaftlich lohnendes Wiederverwendungsvorhaben mit 30 – 40 % Kosteneinsparung	107
Abb. 48: Transportroute für den Bahntransport Cottbus - Sofia.....	111
Abb. 49: Verlauf der Donau	112
Abb. 50: Transportkette Kombination LKW – Schiff – LKW (Cottbus – Sofia).....	112
Abb. 51: Beispielhafter Aufbau einer Befestigung mit Betondecke außerhalb geschlossener Ortslage im klassifizierten Straßenbau – Damm / Einschnitt.....	124

Abb. 52: Entfernung Cottbus (A) – Kaliningrad (B)	128
Abb. 53: Entfernung Cottbus (A) – Fährhafen Sassnitz (B)	131
Abb. 54: Transportstrecke für den Schiffstransport Fährhafen Sassnitz - Kaliningrad	133
Abb. 55: Lageplan Ferienzentrum „Santa Fe“ am Gräbendorfer See	137
Abb. 56: Entwurf Bungalow (li.), Eingangsbereich mit Backshop und Rezeption (re.)	138
Abb. 57: Entwurfszeichnung Restaurant (li.), Bungalow mit 4 Ferienwohnungen	138
Abb. 58: Zwischenlager auf dem Bauplatz für das Ferienzentrum am Gräbendorfer See	139

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Bedarf Betonelementesortiment (WBS 70) zur Errichtung des Pilotvorhabens: 3-gesch. MFH (ca. 2.700 m ² BGF)	28
Tab. 2: Zusammenfassung der Transport- und Umschlagskosten der Betonelemente Hafen Sassnitz - Sankt Petersburg.....	38
Tab. 3: Kalkulation der Transportkosten für das ausgewählte Betonelementesortiment.....	39
Tab. 4: Durchschnittliche Transportkosten für den Transport des angesetzten Sortiments für das Pilotprojekt	41
Tab. 5: Katalogpreise für vergleichbare neue Betonelemente im Leningrader Gebiet (2010).....	42
Tab. 6: Vorbereitungs-, Transport- und Umschlagskosten, Wagnis & Gewinn (Gesamtbauelementesumme)	44
Tab. 7: Einsparungseffekte an Kosten je Betonelement (Neuteilpreise RU – Kosten der Bereitstellung).....	46
Tab. 8: Gegenüberstellung Vorgaben Investoren und Entwurf Eckvariante zu Größe und Verteilung der Wohnungen	57
Tab. 9: Übersicht benötigter 309 Betonelemente der Typenserie WBS 70 (Entwurf 2014).....	58
Tab. 10: Übersicht Bedarf neu herzustellender Betonbauteile für den Rohbau des entworfenen 3-gesch. MFH	60
Tab. 11: Ermittlung LKW-Transportkosten Templin – Hafen Lübeck-Travemünde (Vorlauf)	65
Tab. 12: LKW-Transportkosten (Templin – Hafen Lübeck-Travemünde / Sankt Petersburg – Lodejnoje Pole)	65
Tab. 13: Zusammenfassung der zu veranschlagenden Transport- und Umschlagskosten der Betonelemente über den Hafen Lübeck nach Sankt Petersburg	66
Tab. 14: Kalkulation der Transport- und Umschlagskosten für das gewählte Betonelementesortiment	67
Tab. 15: Vorbereitungskosten der Betonbauteile des Pilotprojektes (bauelementebezogen)	69
Tab. 16: Katalogpreise für vergleichbare Betonelemente im Leningrader Gebiet	71
Tab. 17: Kostenvergleich Gebäudevarianten 3-geschossiges MFH	72
Tab. 18: Gegenüberstellung Parameter und Kosten Neubau Mehrfamilienhäuser an zwei Standorten in Russland.....	74
Tab. 19: Übersicht des benötigten Bauteilsortiments (Typenserie P2) für die beiden Musterhausentwürfe.....	79
Tab. 20: Auswahl technischer Spezifikationen Wagentyp Sa(l)mmnps 706	82
Tab. 21: Lastgrenzen Drehgestellflachwagen Sa(l)mmnps 706	83

Tab. 22: Technische Daten A-Bock Mewag	83
Tab. 23: Maße und Massen der zu transportierenden Gestelle und Stapel.....	84
Tab. 24: Beladung Güterwaggons beim Bahntransport Cottbus-Zielona Gora.....	85
Tab. 25: Beladung Güterwaggons beim Bahntransport Cottbus-Sofia	86
Tab. 26: Elementebezogene Vorbereitungskosten der Betonbauteile.....	89
Tab. 27: Zusammensetzung der Umschlagskosten (1 Umschlag)	92
Tab. 28: Zugnummern für die Strecke Cottbus-Zielona Gora nach DB Schenker Rail AG	97
Tab. 29: Ermittlung LKW-Transportkosten von P2-Betonelementen (Cottbus – Zielona Gora)	98
Tab. 30: LKW-Transportkosten im Straßengüterverkehr (Cottbus - Zielona Gora)	98
Tab. 31: Ermittelte bauteilbezogene Kosten für den LKW-Transport und Umschläge (Cottbus - Zielona Gora).....	99
Tab. 32: Durchschnittliche LKW-Transportkosten (Vor- und Nachlauf) im Straßengüterverkehr (Nahbereich bis 50 km)	100
Tab. 33: Ermittelte bauteilbezogene Kosten für den LKW-Transport und Umschläge (Cottbus bzw. Zielona Gora)	100
Tab. 34: Beladungsart der Güterwaggons und die zugehörigen Kostenwerte (Cottbus – Zielona Gora)....	101
Tab. 35: Bauteilbezogenen Kosten für Vor- und Nachlauf per LKW, Bahntransport, Umschläge (Cottbus - Zielona Gora).....	102
Tab. 36: Gegenüberstellung Transport- und Umschlagskosten sowie Gesamtkosten der Transportvarianten.....	102
Tab. 37: Gesamtkosten für das Vorhaben in Zielona Gora.....	103
Tab. 38: Ermittlung der Kosten je m ² Bauteilfläche für Neubauteile aus Polen	104
Tab. 39: Elemente- / flächenbezogene Bauteilkosten für den Hausneubau in Polen.....	104
Tab. 40: Kostenvergleich Verwendung von Neubauteilen aus Polen – TUL- und Vorbereitungskosten von Betonelementen aus Ostdeutschland	105
Tab. 41: Ermittlung der maximalen Vorlaufstrecken für den grenzüberschreitenden Transport der BE für den Bau der 2 Musterhäuser in Abhängigkeit festgesetzter Kostenersparnisse.....	106
Tab. 42: Zugnummern Strecke Cottbus - Sofia nach DB Schenker Rail AG	110
Tab. 43: Ermittlung LKW-Transportkosten von P2-Deckenplatten, P2-Außen- und Innenwänden (Cottbus - Sofia)	113
Tab. 44: LKW-Transportkosten im Straßengüterverkehr (Cottbus - Sofia).....	113
Tab. 45: Bauteilbezogene Kosten für den LKW-Transport und Umschläge (Cottbus - Sofia).....	114
Tab. 46: Beladungsart der Güterwaggons und die zugehörigen Kostenwerte (Cottbus - Sofia)	115

Tab. 47: Ermittelte bauteilbezogene Kosten für den Bahntransport und Umschläge (Cottbus - Sofia).....	116
Tab. 48: LKW-Transportkosten für die Strecke Cottbus – Donauhafen Regensburg (Vorlauf)	117
Tab. 49: LKW-Transportkosten für das Jahr 2013 - Strecke Cottbus – Donauhafen Regensburg (Vorlauf).....	117
Tab. 50: LKW-Transportkosten für die Strecke Donauhafen Vidin – Sofia (Nachlauf)	117
Tab. 51: LKW-Transportkosten das Jahr 2013 - Strecke Donauhafen Vidin – Sofia (Nachlauf)	118
Tab. 52: Ermittelte bauteilbezogene Kosten für den LKW-Transport und Umschläge (Vor- und Nachlauf)	118
Tab. 53: Transport- und Umschlagskosten sowie Gesamtkosten der Transportvarianten (Cottbus – Sofia)	119
Tab. 54: Gesamtkosten für den direkten LKW-Transport der 111 Betonelemente (Cottbus – Sofia).....	120
Tab. 55: Ermittlung der Kosten je m ³ Bauteilvolumen / m ² Bauteilfläche für Neubauteile aus Bulgarien	121
Tab. 56: Ermittlung der elementebezogenen Bauteilkosten für den Neubau in Bulgarien	122
Tab. 57: Kostenvergleich Neubauteile aus Bulgarien – TUL- und Vorbereitungskosten von BE aus Ostdeutschland.....	122
Tab. 58: Straßenarten und Bauklassen (ohne Verkehrsdaten) gemäß RStO 01	125
Tab. 59: Mögliche Belastungsklassen für die typischen Entwurfssituationen gemäß RStO 2012.....	126
Tab. 60: Zusammenstellung der Anforderungen an den Oberbeton von Fahrbahndecken nach TL Beton-StB 07	127
Tab. 61: Zusammensetzung der Umschlagskosten der Deckenplatten auf LKW mittels FZK auf der Demontagebaustelle	130
Tab. 62: Ermittlung LKW-Transportkosten von P2-Deckenplatten (Cottbus – Fährhafen Sassnitz)	131
Tab. 63: LKW-Transportkosten im Straßengüterverkehr (Cottbus – Fährhafen Sassnitz)	132
Tab. 64: Bauteilbezogene Kosten für den LKW-Transport und Umschläge (Cottbus – Fährhafen Sassnitz)	132
Tab. 65: Transport- und Umschlagskosten zum Schiffstransport Fährhafen Sassnitz - Kaliningrad.....	133
Tab. 66: Bauteilparameter und Preise aus Russland für eine vergleichbare Betonplatte im Straßenbau....	135
Tab. 67: Kostenvergleich TUL-Kosten Betonelemente aus Deutschland und Bereitstellung Neubauteile aus Russland für den Fahrbahndeckenbau.....	136

Literaturverzeichnis

Aktennotiz – Projekt EFH in Polen, FG Bauliches Recycling, Cottbus, 08.08.2008.

Angebotsabfrage zum Seetransport von Betonfertigteilen Hafen Sassnitz – Sankt Petersburg: Angebotsschreiben Transportunternehmen A, vom 03.02.2010.

Angebotsabfragen zum Seetransport von Betonfertigteilen Hafen Sassnitz – Sankt Petersburg: Transportunternehmen B, vom 08.02.2010.

Angebotsabfragen zum Seetransport von Betonfertigteilen Hafen Lübeck – Sankt Petersburg: Transportunternehmen A, vom 11.02.2014.

BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.): Wohnungsmärkte im Wandel – Zentrale Ergebnisse der Wohnungsmarktprognose 2025, BBSR-Berichte kompakt, Bonn, 01/2010.

Beyerle, Thomas; Voß Oliver: Marktreport Polen 2012, IVG Immobilien AG, 2012.

BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Deutsches Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess) – Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen, Referat Öffentlichkeitsarbeit, Berlin, 2012.

BMVBS - Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.): Vierter Statusbericht der Bundestransferstelle Stadtumbau Ost. Stadtumbau vor neuen Herausforderungen, Berlin, 2010.

Bundesvorstand des FDGB (Hrsg.): Montage von Fertigteilen, Verlag Tribüne Berlin, 1970, S. 22; Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilmaker e.V. (Hrsg.): Merkblatt zur Ladungssicherung von konstruktiven Betonfertigteilen (Nr. 9), Bonn, 09/2010.

Busch-Geertsema, Volker: Wohnungslosigkeit in der EU (2): Der Blick nach Osteuropa, SOZ/ALEXTRA, 2004.

DB Netze (Hrsg.): Schienennetz-Benutzungsbedingungen der DB Netze AG (SNB 2011), gültig ab 13.04.2010, DB Netze AG, Zentrale.

DB Schenker Rail AG (Hrsg.): Preise und Konditionen der DB Schenker Rail Deutschland AG, gültig ab 01.01.2012.

Eger, Rudolf W.: Materialien zur Vorlesungsreihe Straßenbau 1, Fachhochschule Wiesbaden, Fachbereich Architektur und Bauingenieurwesen, Fachgebiet Verkehrswesen, Wiesbaden, 09/2007.

Ehlers, Benjamin: Rechtliche Aspekte der Wiederverwendung, in: Tagungsband „Alte Platte – Neues Design“ Teil 2, Hrsg. Angelika Mettke, FG Bauliches Recycling, BTU Cottbus 2007.

Ehrlich, Norbert; Hersel, Otmar: Straßenbau heute-Betondecken, 6. Aufl., BetonMarketing Deutschland GmbH, Erkrath, 2010.

Elementedatenblätter Typenserie WBS 70, VEB(B) WBK Neubrandenburg, KB Projektierung, Einzelsortimente 1978 - 1986.

Foutain, Henry: Material World – Concrete Is Remixed With Environment In Mind, in: The New York Times, veröffentlicht am 30.03.2009.

Hansel, Jens: Kaufen statt mieten, Online: <http://www.polen.pl/kaufen-statt-mieten/> (aufgerufen am 31.01.13).

Haimann Richard: Polen öffnet seinen Immobilienmarkt, in: Die Welt, 02.05.2009.

Haus&Grund - Das Hauseigentümer-Magazin (2010): Techem-Studie, „Leerstand im Osten Deutschlands weiter gestiegen“, 10.02.2010.

Helm, Monika: Vorteile von Straßen aus Beton, in Steinbruch und Sandgrube, 08/2011.

Housing Europe Review: The nuts and bolts of European social housing systems, published by CECODHAS Housing Europe's Observatory, Brussels (Belgium), 2012.

International Monetary Fund: World Economic Outlook – Coping with High Debt and Sluggish Growth, Oktober 2012.

Jonigkeit, Lorenz: Untersuchung / statischer Nachweis der Wiederverwendung gebrauchter Deckenplatten vom Typ P2 als Deckschicht für den landwirtschaftlichen Wegebau, im Auftrag der FG Bauliches Recycling im Zuge des FO-Projektes „Rückbau industrieller Bausubstanz“, gefördert vom BMBF, Mettke, Angelika (Hrsg.), BTU Cottbus, 11/2002.

Kania, Gregor: Statistische Auswertung der ermittelten Ergebnisse von Untersuchungen zur Betondruckfestigkeit und Karbonatisierungstiefe sowie Betondeckung an gebrauchten Betonfertigteilen, Studienarbeit am Lehrstuhl Altlasten, Fachgruppe Bauliches Recycling, BTU Cottbus, 2006.

Konicz, Tomasz.: Der polnische Wohnungsmarkt in Zahlen - Privatisierung, Bausubstanz, Wohnraummangel, Bautätigkeit, Wohnkosten, Überbelegung, in: Berliner MieterGemeinschaft, MieterEcho Nr.343, November 2010.

Künzel, Eberhard; Blume-Wittig, Judith; Kott, Matthias; Ost, Christiane: Technischer Leitfaden Plattenbau, Bauforschung für die Praxis, Band 70, Institut für Fertigteiltechnik und Fertigbau Weimar e.V., 2004.

Leitzke, Claus: Rechtliche Betrachtung von Rückbauprojekten sowie zum Transport, Neueinsatz und Export von gebrauchten Betonfertigteilen, Gutachten von Leinen und Dericks Anwaltssozietät, im Auftrag der Fachgruppe Bauliches Recycling, BTU Cottbus, Teil 1, Potsdam, Jan. 2001.

Lüdtke, Moritz: Kostenuntersuchungen zum Einsatz von Altbetonteilen anhand eines Referenzobjektes, Diplomarbeit am Lehrstuhl Altlasten, Fachgruppe Bauliches Recycling, BTU Cottbus, 11/2007 (unveröffentlicht).

Mettke, Angelika; Thomas, Cynthia: Wiederverwendung von Gebäuden und Gebäudeteilen, Reihe Materialien zur Abfallwirtschaft, Landesamt für Umwelt und Geologie des Freistaates Sachsen (Hrsg.), Lößnitz Druck GmbH, Radebeul 1999.

Mettke, Angelika (Hrsg.): Plattenumbauten. Wieder- und Weiterverwendungen – Anwendungskatalog II. Fachgruppe Bauliches Recycling. Lehrstuhl Altlasten. Brandenburgische Technische Universität Cottbus, 2003.

Mettke, Angelika (Hrsg.): Elementekatalog. Übersicht: Elementesortiment des Typs WBS 70 am Beispiel Gebäudetyp WBS 70/11, Fachgruppe Bauliches Recycling, Lehrstuhl Altlasten, BTU Cottbus, 2007.

Mettke, Angelika (Hrsg.): Wiederverwendung von Plattenbauteilen in Osteuropa, Endbericht – Bearbeitungsphase I, Forschungsvorhaben „Wissenschaftliche Vorbereitung und Planung des Rückbaus von Plattenbauten und der Wiederverwendung geeigneter Plattenbauteile in Tschechien“, gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU-AZ 22286-23), Fachgruppe Bauliches Recycling, Lehrstuhl Altlasten, BTU Cottbus, 2008.

Mettke, Angelika; Heyn, Sören; Asmus, Stefan et.al.: Rückbau industrieller Bausubstanz – Großformatige Betonelemente im ökologischen Kreislauf, Teil 1: Krangeführter Rückbau / Teil 2: Wieder- und Weiterverwendung großformatiger Betonelemente, gefördert vom BMBF (AFKZ 0339972), BTU Cottbus, Lehrstuhl Altlasten, Fachgruppe Bauliches Recycling, Cottbus, 01/2008.

Mettke, Angelika: Material- und Produktrecycling – am Beispiel von Plattenbauten, Habilitationsschrift, BTU Cottbus, 2010.

Mettke, Angelika; Heyn, Sören: Ökologische Prozessbetrachtungen – RC-Beton (Stofffluss, Energieaufwand, Emissionen), zum FO-Projekt: Einsatz von Recycling-Material aus mineralischen Baustoffen als Zuschlag in der Betonherstellung, gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU-AZ 26101-23), Lehrstuhl Altlasten, Fachgruppe Bauliches Recycling, BTU Cottbus, 2010.

Mettke, Angelika; Asmus, Stefan; Ivanov, Evgeny; Heyn, Sören: Ökonomische und ökologische Bilanzierung des Transportes von Betonplattenbauteilen aus dem Rückbau von Wohnbauten in Deutschland in Länder Osteuropas und dortige Wiederverwendung beim Neubau von Wohngebäuden, Teil B, Zwischenbericht zum FO-Projekt, Wiederverwendung von Plattenbauteilen in einem Vorort von Sankt Petersburg – FO-Vorhaben DBU-AZ 22286/02-23, Fachgruppe Bauliches Recycling, BTU Cottbus, 2011.

Mettke, Angelika; Asmus, Stefan et.al.: Ökonomische und ökologische Bilanzierung des Transportes von Betonplattenbauteilen aus dem Rückbau von Wohnbauten in Deutschland in Länder Osteuropas und dortige Wiederverwendung beim Neubau von Wohngebäuden, Bericht zum Forschungsprojekt, Teil C - Bau eines

Vereinshaus in Kolkwitz unter Verwendung rückgebauter Plattenbauteile, Fachgruppe Bauliches Recycling, BTU Cottbus, 2014.

Minev, Douhomir: Homelessness in Bulgaria, prepared for FEANTSA, 2003.

National Statistical Institute Republic of Bulgaria: 2011 Population Census – main results, Sofia, S.2, Online: http://www.nsi.bg/census2011/PDOCS2/Census2011final_en.pdf (aufgerufen am 15.12.12).

Neroth, Günter; Vollenschaar, Dieter (Hrsg.): Wendehorst Baustoffkunde: Grundlagen-Baustoffe-Oberflächenschutz, Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden, 2011.

Rupp, Eva-Katharina: Generationenwohnen- Entwurf eines Wohngebäudes unter Verwendung gebrauchter P2-Betonfertigteile, Studienarbeit im Auftrag der Fachgruppe Bauliches Recycling, BTU Cottbus, 2007.

Russische Bundesagentur für Bauwesen und Kommunalwirtschaft (Hrsg.): Katalog der Voranschlagspreise im Bauwesen, Basispreise.

Schenk, Michael; Schlick, Christopher Marc: Industrielle Dienstleistungen und Internationalisierung, ©Gabler / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2009.

Statistisches Bundesamt, Fachserie 17, Reihe 9.2: Preise, Preise & Preisindizes für Verkehr, Ausgabe Januar 2014, Wiesbaden, 2014.

Statistisches Bundesamt Fachserie 16, Reihe 2.1: Verdienste und Arbeitskosten, 3. Vierteljahr 2012, Ausgabe Dezember 2012, Wiesbaden, 2012.

Trendafcheva, Mariana: Gesetzliche Grundlagen für Photovoltaik in Bulgarien, online:<http://www.experten-branchenbuch.de/ratgeber/gesetzliche-grundlagen-fuer-photovoltaikprojekte-in-bulgarien> (aufgerufen am 24.01.13)

Internetrecherche

<http://www.alpenverein-krefeld.de/verkehr/fern.gif> (aufgerufen am 09.02.13).

<http://architektbulgarien.com/bauen-bulgarien-baugenehmigung> (aufgerufen am 24.01.13).

http://www.bakcms.de/nax/laender-infos/Polen/GleissLutz_Baurecht_Polen.pdf (aufgerufen am 26.01.13).

<http://www.beton.org/bauherreninformationen/was-ist-beton/allgemeine-infos.html> (aufgerufen am 19.02.13).

<http://www.beton.org/bauherreninformationen/was-ist-zement/allgemeine-infos.html> (aufgerufen am 19.02.13).

http://beton-technische-daten.de/13/13_2.htm (aufgerufen am 13.02.13)

<http://www.bg-immo.net/bulgar-invest-EU/unsereleistungen/projektbaugenehmigung/index.html> (aufgerufen am 24.01.13).

<http://www.brennecke.pro/3691/Grundzuege-des-polnischen-Planungs--und-Baurechts-Teil-I> (aufgerufen am 26.01.13).

<http://www.brennecke.pro/3692/Grundzuege-des-polnischen-Planungs--und-Baurechts-Teil-II> (aufgerufen am 26.01.13).

<http://www.brennecke.pro/3693/Grundzuege-des-polnischen-Planungs--und-Baurechts-Teil-III> (aufgerufen am 26.01.13).

<http://www.brennecke.pro/3696/Grundzuege-des-polnischen-Planungs--und-Baurechts-Teil-IV> (aufgerufen am 26.01.13).

<http://www.bulgarianlaw.org/construction-rights/> (aufgerufen am 24.01.13).

<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/pl.html> (aufgerufen am 31.01.13).

<http://www.donauschiffahrt.info> (aufgerufen: 09.02.2013)

http://www.donauschiffahrt.info/daten_fakten/binnenschiffe/schiffstypen/schiffsverbaende/ (aufgerufen am 31.01.2013).

<http://www.dortec.ru/price/plity-dorozhnye/> (aufgerufen am 06.02.13).

<http://www.eex.com/de/Marktdaten/Handelsdaten/Emissionsrechte> (aufgerufen am 19.02.13).

<http://www.empirica-institut.de/empi2007/tel.html> (aufgerufen am 15.12.2012).

http://www.empirica-institut.de/kufa/EL_2009_APS.pdf (aufgerufen am 15.12.12).

<http://www.gueterwagenkatalog.rail.dbschenker.de/gwk-de/start/> (aufgerufen am 06.01.13).

http://www.gueterwagenkatalog.rail.dbschenker.de/gwk-de/start/gattung_s/3156758/salmmnps.html?start=0 (aufgerufen am 06.01.13).

<http://gueterfahrplan.hacon.de/bin/db/query.exe/dn> (aufgerufen am 12.02.13),
Güterfahrplan der DB Schenker Rail AG; Strecke: Cottbus – Sassnitz

http://www.inlandnavigation.org/uploads/Maps/map_waterways_europe.jpg (aufgerufen am 20.02.13).

<http://www.maps.google.de>

<http://www.man-facts.de/data/mediaa345.html?a=0&l=110000001&h1=40&h2=249&h3=1074&mid=&fs=1&iid=> (aufgerufen am 19.02.13).

<http://www.mewag.eu/transportbock.php> (aufgerufen am 15.01.13).

<http://www.panoramio.com/photo/6563299>.

<http://www.rodzinaswoim.pl/> (aufgerufen am 31.01.13).

<http://www.ruskov-law.eu/bulgarien/baurecht.html> (aufgerufen am 24.01.13); Gesetz über die Gebietsordnung (GBO, bulg.: Закон за устройство на територията).

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/40/Railroad_Map_Europe_Main_Lines.gif/1280px-Railroad_Map_Europe_Main_Lines.gif (aufgerufen am 09.02.13).

<http://www.vbw-ev.de> (aufgerufen am 31.01.2013)

Gesetz-, Normen- und Richtlinienverzeichnis

Gesetze und Verordnungen

Baugesetzbuch (BauGB) in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. September 2004 (BGBl. I S. 2414), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 11. Juni 2013 (BGBl. I S. 1548) geändert worden ist.

Brandenburgische Bauordnung (BgbBO) vom 01. Juni 1994 in der Fassung der Bekanntmachung vom 25. März 1998 (GVBl. 1998 S. 82).

Brandenburgische Bauordnung (BgbBO) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. September 2008 (GVBl.I/08, [Nr. 14], S. 226), zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 29. November 2010 (GVBl.I/10 [Nr. 39]).

BbgBauPrüfV – Brandenburgische Bautechnische Prüfungsverordnung – Verordnung über die Anerkennung von Prüfindenieuren und über die bautechnischen Prüfungen im Land Brandenburg vom 11. Mai 2006.

EU-Bauproduktenverordnung (EU-BauPVO) – Verordnung (EU) Nr. 305/2011 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates.

Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz - KrWG) vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212), zuletzt geändert durch § 44 Abs. 4 des Gesetzes vom 22. Mai 2013 (BGBl. I S. 1324) geändert.

Güterkraftverkehrsgesetz (GüKG) vom 22. Juni 1998 (BGBl. I S. 1485), welches durch Art. 8a des Gesetzes vom 28. August 2013 (BGBl. I S. 3313) geändert worden ist.

Richtlinie 89/106/EWG des Rates (Bauproduktenrichtlinie) vom 21. Dezember 1988 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedsstaaten über Bauprodukte.

Straßenverkehrsordnung (StVO) in der Fassung vom 06. März 2013, in Kraft getreten am 01.04.2013, (vgl. BGBl.I S. 367).

Straßenverkehrszulassungsordnung (StVZO) in der Fassung vom 26. Juli 2013, in Kraft ab 01. August 2013 (BGBl. Teil I Nr. 43, Seite 2803).

Verordnung über den grenzüberschreitenden Güterkraftverkehr und den Kabotageverkehr (GüKGGrKabotageV) in der Fassung vom 28. Dezember 2011 (BGBl. 2012 I S. 42), welche durch Art. 2 der Verordnung vom 22. Mai 2013 (BGBl. I S. 1395) geändert worden ist.

Richtlinien und Merkblätter

Abkommen über den Internationalen Eisenbahn-Güterverkehr (SMGS), Hrsg.: Organisation der Zusammenarbeit der Eisenbahnen (OSSHD) und Internationales Eisenbahntransportkomitee (CIT) , letzte Fassung 01/2004.

Allgemeine Beförderungsbedingungen für den internationalen Eisenbahngüterverkehr (ABB-CIM), 01.07.2006.

Besondere Güterbeförderungsbedingungen für Wagenladungen und Container im Eisenbahn-Fährverkehr zwischen den Bahnhöfen Sassnitz-Mukran und Lushskaja/Baltijsk (DRFT), 07/2011.

Landesamt für Bauen und Verkehr des Landes Brandenburg (LBV): Merkblatt Fertigteile - Wiederverwendung von Fertigteilen aus Beton-, Stahl- und Spannbeton, Fassung vom 24.08.2012, Bautechnisches Prüfamtt Cottbus (Hrsg.), LBV Dezernat 35.

RStO 2001 - Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Arbeitsgruppe Betonbauweisen, FGSV-Verlag Köln, 2001.

RStO 2012 - Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Arbeitsgruppe Betonbauweisen, FGSV-Verlag Köln, 2012.

TL Beton-StB 07:2007 - Technische Lieferbedingungen für Baustoffe und Baustoffgemische für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Arbeitsgruppe Betonbauweisen, FGSV-Verlag, Köln, 2007.

ZTV Beton-StB 07:2007 - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Arbeitsgruppe Betonbauweisen, FGSV-Verlag, Köln, 2007.

TP Beton-StB 10:2010 - Technische Prüfvorschriften für Baustoffe und Baustoffgemische für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Arbeitsgruppe Betonbauweisen, FGSV-Verlag, Köln, 2010.

Verladerichtlinien des Internationalen Eisenbahnverkehrs (UIC), Band 1: Grundsätze (12/2012), Band 2: Güter (11/2012).

Zement-Merkblatt Straßenbau Nr.S2, 6.2007: Der Bau von Betonfahrbahndecken auf Straßen, Online Ressource, 2007.

DIN-Regelungen

DIN EN 15528:2013-01 Bahnanwendungen - Streckenklassen zur Bewerkstelligung der Schnittstelle zwischen Lastgrenzen der Fahrzeuge und Infrastruktur, Deutsche Fassung EN 15528:2008+A1:2012.

DIN 1048-4:1991-06 Prüfverfahren für Beton, Bestimmung der Druckfestigkeit von Festbeton in Bauwerken und Bauteilen, Anwendung von Bezugsgeraden und Auswertung mit besonderen Verfahren.

GOST-Regelungen (Russland)

GOST 26633-91 Schwerbeton und feinkörniger Beton.

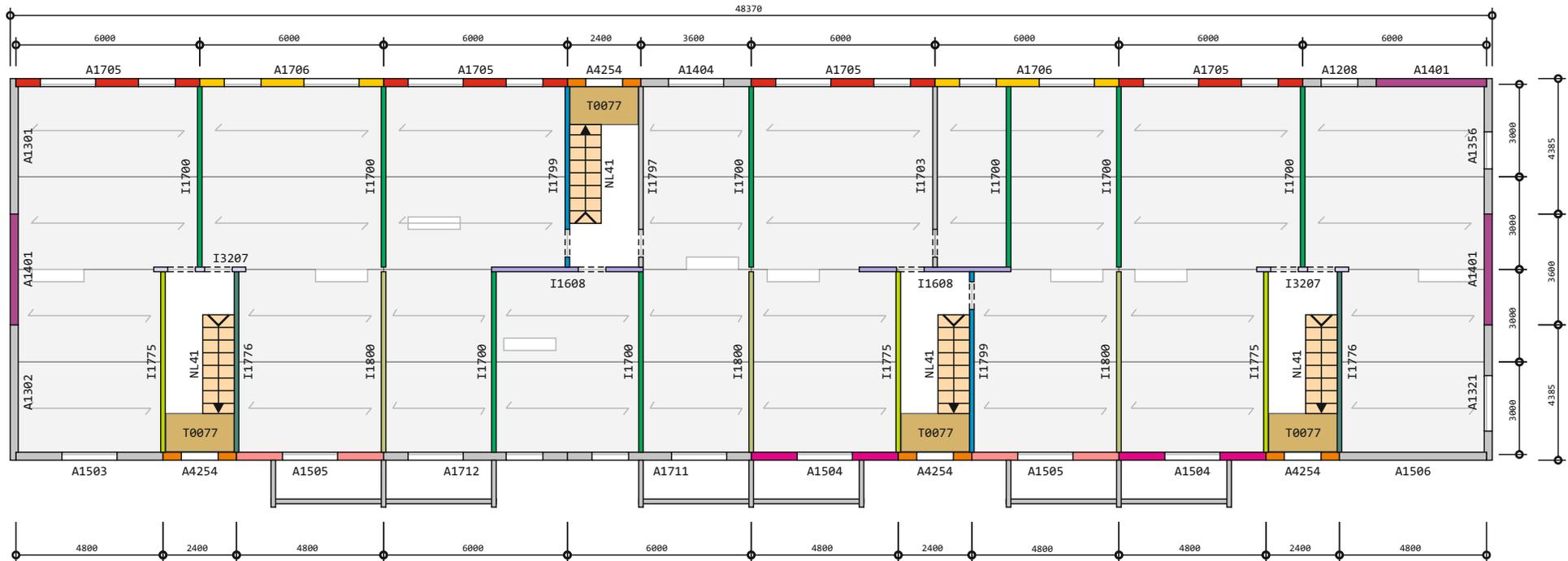
Anlagen

Anlage 1.1	Templin, Strahl-Goder-Straße 1 - 4, Grundriss 5. Obergeschoss
Anlage 1.2	Templin, Strahl-Goder-Straße 1 - 4, Grundriss 6. Obergeschoss
Anlage 1.3	Templin, Strahl-Goder-Straße 1 - 4, Deckenplan 5. Obergeschoss
Anlage 1.4	Templin, Strahl-Goder-Straße 1 - 4, Deckenplan 6. Obergeschoss
Anlage 1.5	Templin, Strahl-Goder-Straße 1 - 4, Elementeliste 5. und 6. OG
Anlage 2.1 – 2.5	Schiffstransport der WBS 70-Betonelemente – Beladungsvorschlag der RoRo-Trailer (Fährhafen Sassnitz – Hafen Sankt Petersburg)
Anlage 3	Auszug zum Projekt Feriencentrum „Santa Fe“ in: „forum“ - Brandenburger Wirtschaftsmagazin 5/2010, Organ der Industrie- und Handelskammer (IHK) Cottbus

TEMPLIN
Strahl-Goder-Straße 1-4

Etagenfläche 576 m²

5. OG
Wandelemente
Treppenelemente



Außenwandelemente

Elem.-Nr.	Anzahl	Elem.-Nr.	Anzahl
A1208	1	A1504	2
A1301	1	A1505	2
A1302	1	A1506	1
A1321	1	A1705	4
A1356	1	A1706	2
A1401	3	A1711	1
A1404	1	A1712	1
A1503	1	A4254	4

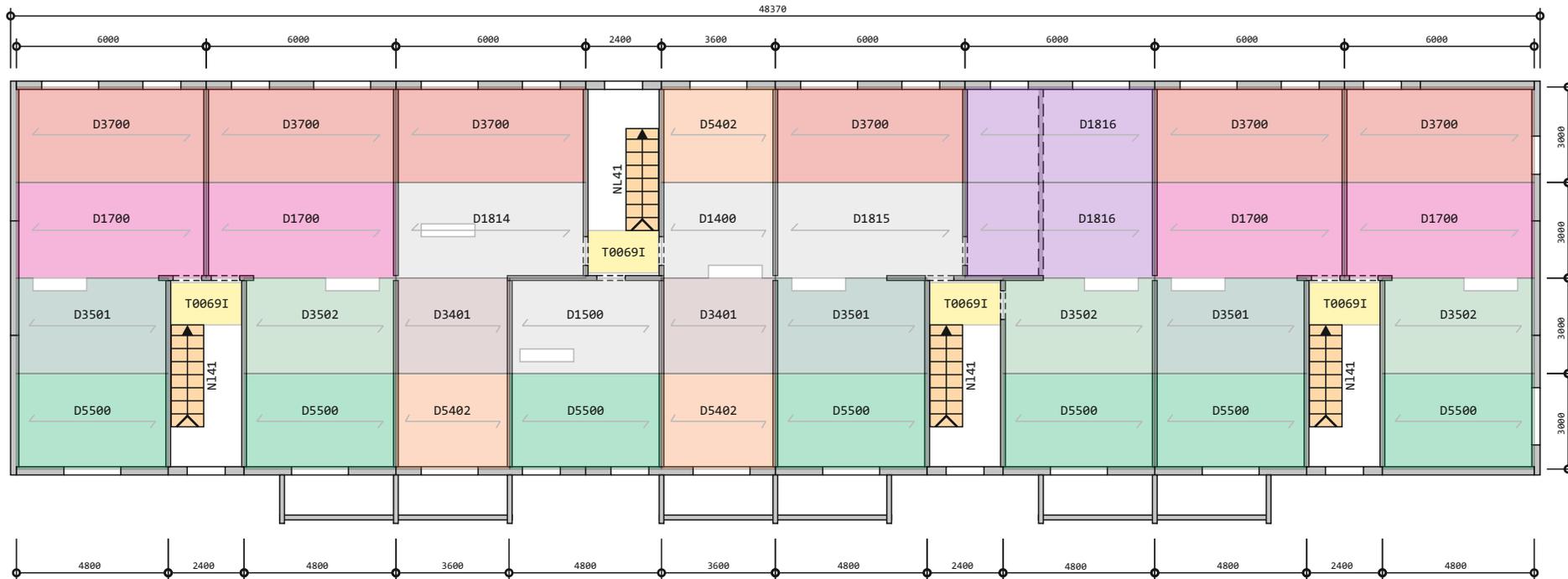
Innenwandelemente

Elem.-Nr.	Anzahl
I1608	2
I1700	8
I1703	1
I1775	3
I1776	2
I1797	1
I1799	2
I1800	3
I3207	2

Treppenelemente

Elem.-Nr.	Anzahl
T0077	4
NL41	4

*Wand- und Treppenelemente, die mehr als ein mal pro Etage vorkommen, sind entsprechend in gleichen Farben hervorgehoben.



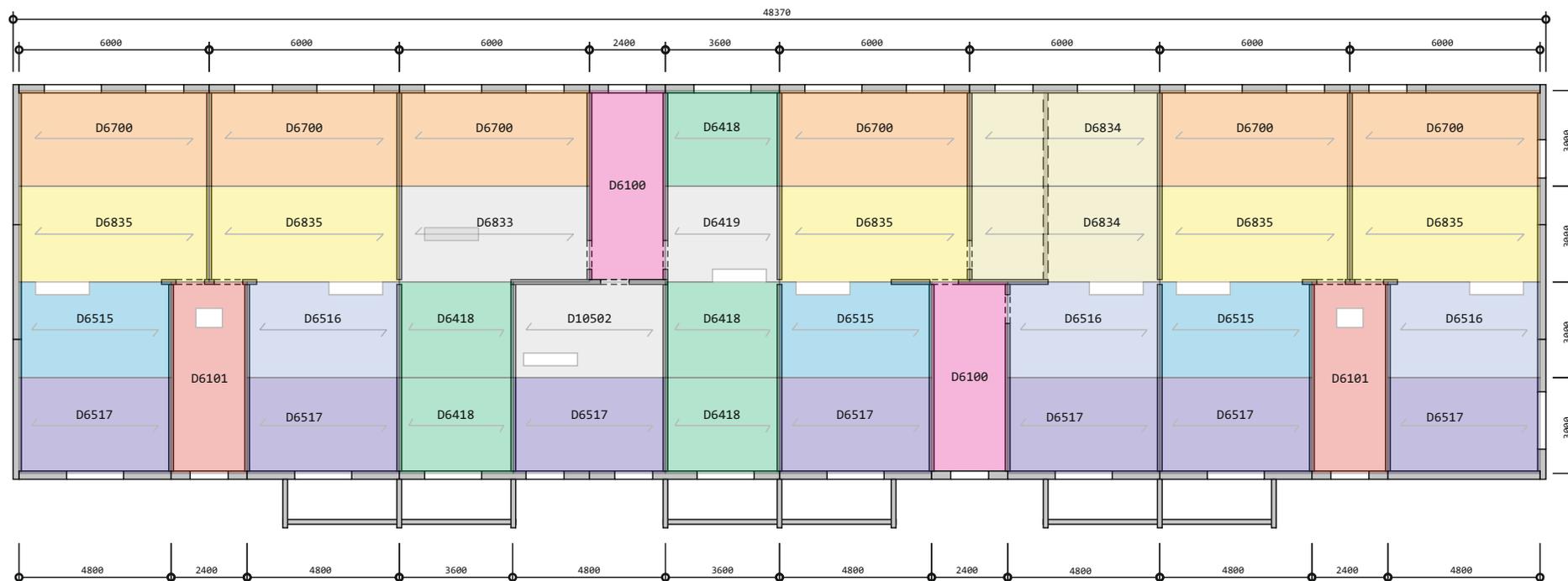
Deckenelemente

Elem.-Nr.	Anzahl	Elem.-Nr.	Anzahl
D1400	1	D3502	3
D1500	1	D3700	6
D1700	4	D5402	3
D1814	1	D5500	7
D1815	1		
D1816	2		
D3401	2		
D3501	3		

Treppenelemente

Elem.-Nr.	Anzahl
T0069I	4
NL41	4

*Decken- und Treppenelemente, die mehr als ein mal pro Etage vorkommen, sind entsprechend in gleichen Farben hervorgehoben.



Deckenelemente

Elem.-Nr.	Anzahl	Elem.-Nr.	Anzahl
D6100	2	D9700	6
D6101	2	D6833	1
D6418	5	D6834	2
D6419	1	D6835	5
D6515	3		
D6516	3		
D6517	7		
D10502	1		

*Decken- und Treppenelemente, die mehr als ein mal pro Etage vorkommen, sind entsprechend in gleichen Farben hervorgehoben.

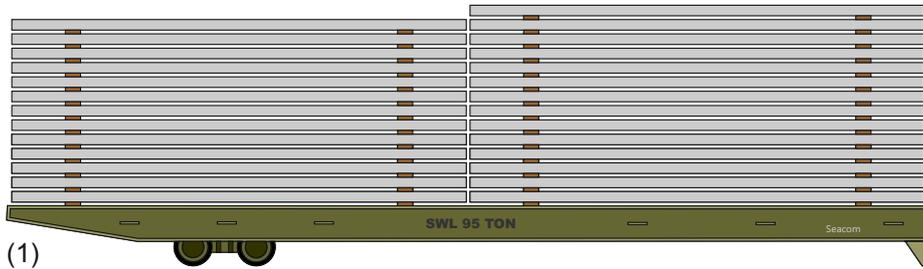
Templin, Stahl-Goder-Straße 1-4

Liste potentiell wiederverwendungsgeeigneter WBS 70-Betonelemente (4 Sektionen, 5. und 6. OG)

Pos.	Elem.-Nr. lt. Projektierung	Systemmaße [m]	Anzahl maximal verfügbarer Elemente	Anmerkungen
Deckenplatten				
1.	D1700, D1814, D1815, D1816, D3700	6,00 x 3,00 x 0,14	14	Spannbeton
2.	D1500, D3401, D3501, D3502, D5500	4,80 x 3,00 x 0,14	14	Stahlbeton
3.	D1400, D3401, D5402	3,60 x 3,00 x 0,14	6	Stahlbeton
Außenwandelemente				
4.	A1705, A1706	6,00 x 2,80 x 0,26	12	2 Fenster
5.	A1711, A1712	6,00 x 2,80 x 0,26	4	2 Fenster, Balkontür
6.	A1503, A1504, A1505, A1506	4,80 x 2,80 x 0,26	12	mit/ohne Fenster/Balkontür
7.	A1401, A1404	3,60 x 2,80 x 0,26	8	Giebelaußenwand/Eckelement, mit Fenster (A1404)
8.	A4254	2,40 x 2,80 x 0,26	8	Treppenhausaußenwand, 2 Fenster
9.	A1208	2,40 x 2,80 x 0,26	2	mit Fenster
10.	A1301, A1302, A1321, A1356	4,40 x 2,80 x 0,26	8	Giebelaußenwand mit/ohne Fenster
Innenwandelemente				
11.	I1700, I1775, I1776, I1800	5,80 x 2,60 x 0,15	32	
12.	I1703, I1706, I1797, I1799	5,80 x 2,60 x 0,15	8	Innenwand mit Tür
Treppenelemente				
13.	T0069I, T0077	2,20 x 1,10 x 0,19	8	Treppenpodest
14.	NL41	2,80 x 1,00 x 0,19	8	Treppenstufenelement
Gesamt verfügbare Betonelemente Fallbeispiel-Teilrückbauobjekt (WBS 70)			∑ 144	(Teilrückbau 4 Sektionen, 5. und 6. OG)

**Schifftransport der WBS 70-Betonelemente - Beladungsvorschlag 40'RoRo-Trailer
(Fährhafen Sassnitz - Hafen St. Petersburg)**

Betonelementesortiment für Pilotvorhaben "Dubrovka" / Σ 32 RoRo-Trailer MA40-60t / MA40-95t
(658 Betonelemente)

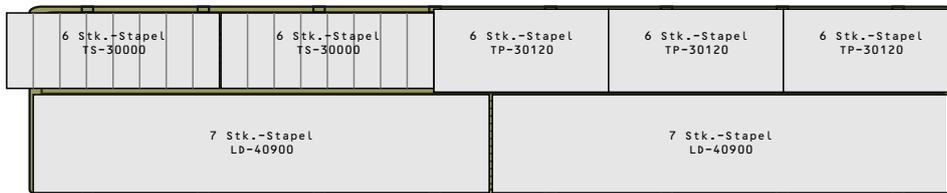


(1)

11 x MA40-95t

297 x DP-20040

pro MA40:
27 x DP-20040 á 3,42 t
m_{netto} = 92,34 t



(2)

MA40-95t

12 x TS-30000 á 1,5 t = 18 t
18 x TP-30120 á 1,03 t = 18,54 t
14 x LD-40900 á 3,71 t = 51,94 t
m_{netto} = 88,48 t



(3)

MA40-60t

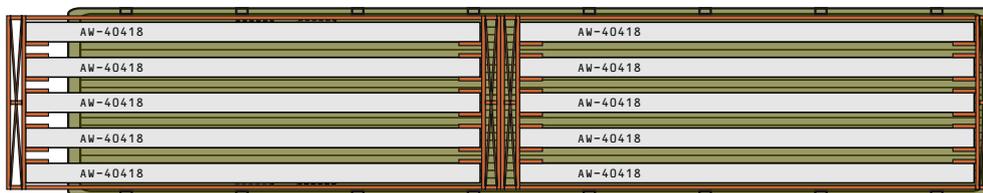
6 x TS-30000 á 1,5 t = 9 t
13 x LD-40900 á 3,71 t = 48,23 t
m_{netto} = 57,23 t



(4)

MA40-95t

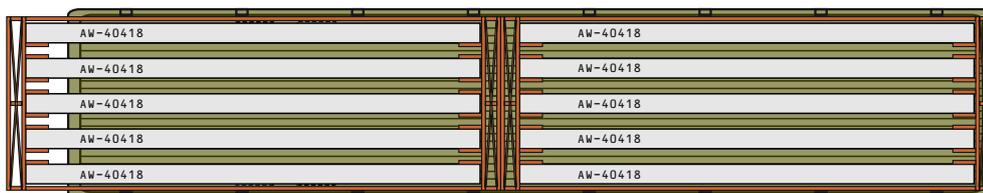
9 x TP-30201 á 4,88 t = 43,92 t
3 x AW-40418 á 5,8 t = 17,4 t
5 x IW-50500 á 5,45 t = 27,25 t
m_{netto} = 88,57 t



(5)

MA40-60t

10 x AW-40418 á 5,8 t
m_{netto} = 58 t

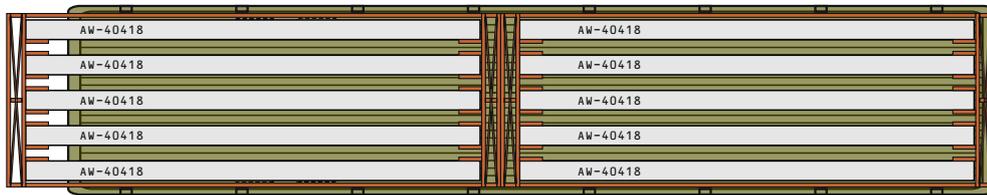


(6)

MA40-60t

10 x AW-40418 á 5,8 t
m_{netto} = 58 t

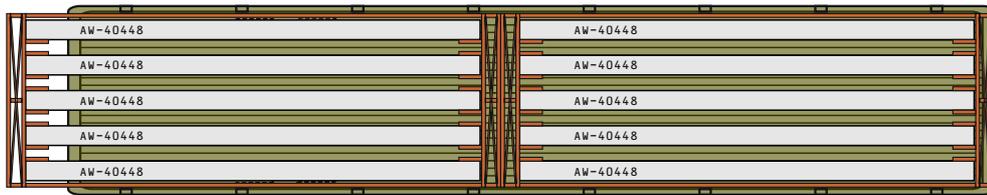
Schifftransport der WBS 70-Betonelemente - Beladungsvorschlag 40'RoRo-Trailer
(Fährhafen Sassnitz - Hafen St. Petersburg)



(7)

MA40-60t

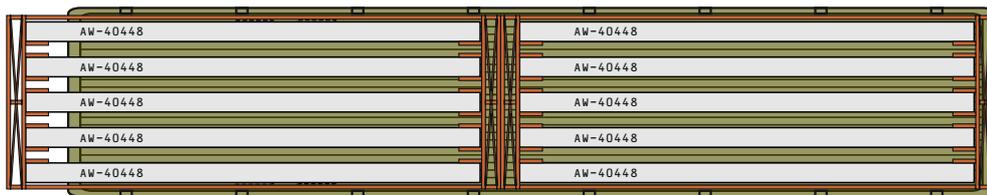
10 x AW-40418 á 5,8 t
m_{netto} = 58 t



(8)

MA40-60t

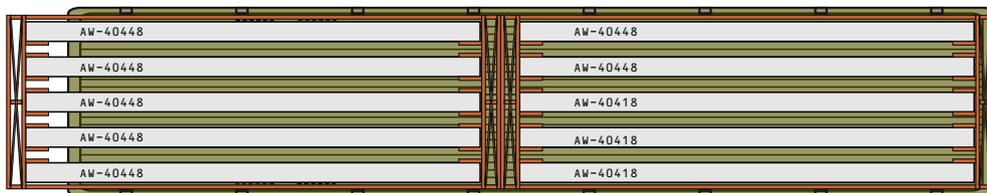
10 x AW-40448 á 5,65 t
m_{netto} = 56,5 t



(9)

MA40-60t

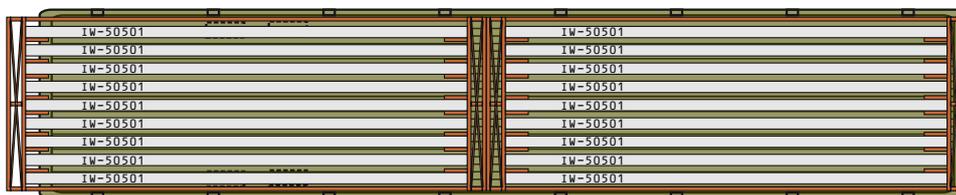
10 x AW-40448 á 5,65 t
m_{netto} = 56,5 t



(10)

MA40-60t

7 x AW-40448 á 5,65t = 39,55 t
3 x AW-40418 á 5,8 t = 17,4 t
m_{netto} = 56,95 t



(11)

MA40-95t

18 x IW-50501 á 4,86 t
m_{netto} = 87,48 t

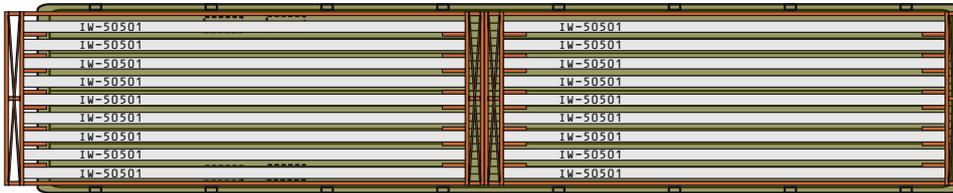


(12)

MA40-95t

18 x IW-50501 á 4,86 t
m_{netto} = 87,48 t

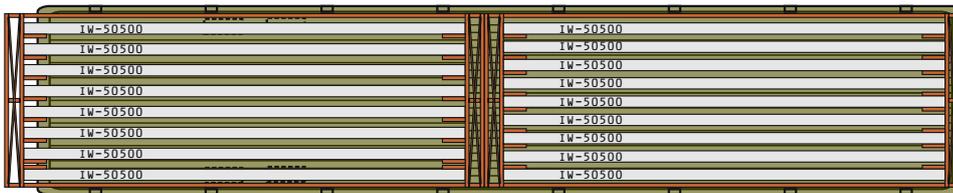
Schifftransport der WBS 70-Betonelemente - Beladungsvorschlag 40'RoRo-Trailer
(Fährhafen Sassnitz - Hafen St. Petersburg)



(13)

MA40-95t

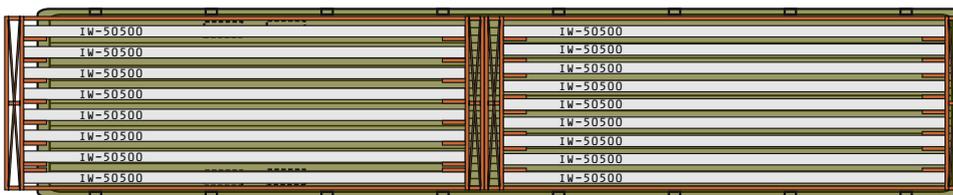
18 x IW-50501 á 4,86 t
m_{netto} = 87,48 t



(14)

MA40-95t

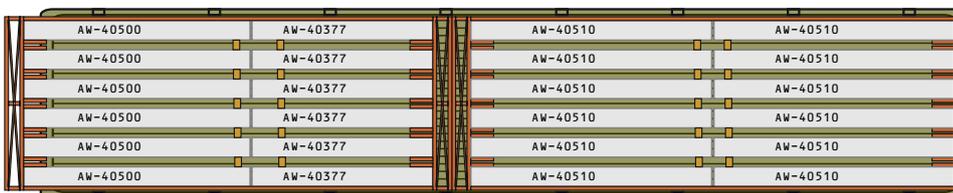
17 x IW-50500 á 5,45 t
m_{netto} = 92,65 t



(15)

MA40-95t

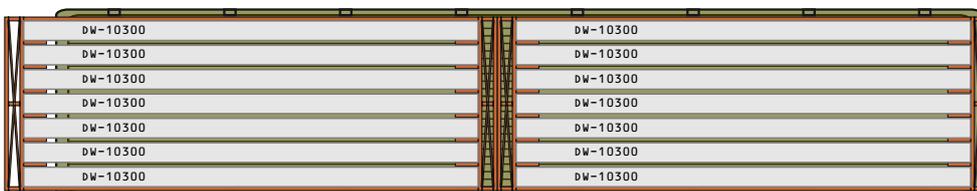
17 x IW-50500 á 5,45 t
m_{netto} = 92,65 t



(16)

MA40-95t

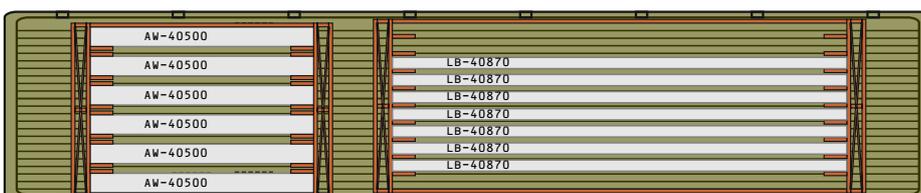
12 x AW-40510 á 3,97 t = 47,64 t
6 x AW-40500 á 3,96 t = 23,76 t
6 x AW-40377 á 2,16 t = 12,96 t
m_{netto} = 84,36 t



(17)

MA40-60t

14 x DW-10300 á 4,26 t
m_{netto} = 59,64 t

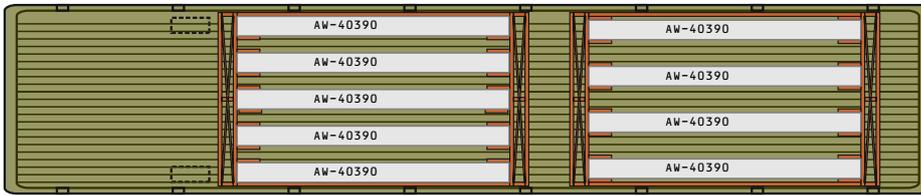


(18)

MA40-60t

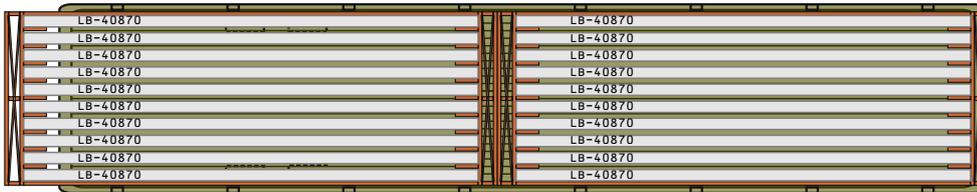
6 x AW-40500 á 3,96 t = 23,76 t
7 x LB-40870 á 2,48 t = 17,36 t
m_{netto} = 41,12 t

**Schiffstransport der WBS 70-Betonelemente - Beladungsvorschlag 40' RoRo-Trailer
(Fährhafen Sassnitz - Hafen St. Petersburg)**



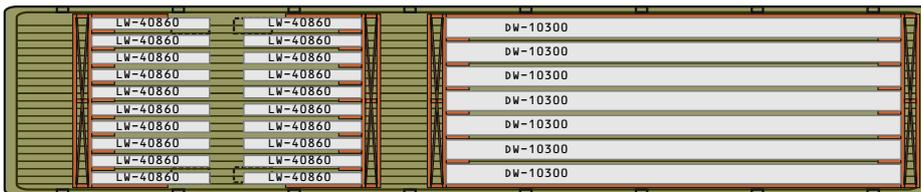
(19)

MA40-60t
 9 x AW-40390 á 4,78 t = 43,02 t
m_{netto} = 43,78 t



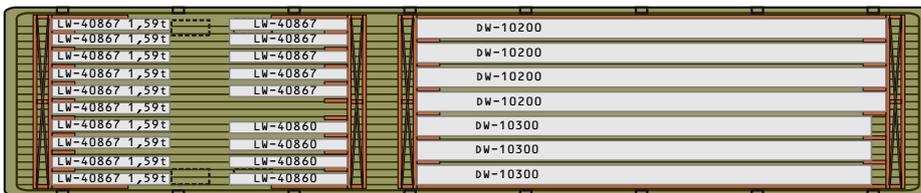
(20)

MA40-60t
 20 x LB-40870 á 2,48 t
m_{netto} = 49,6 t



(21)

MA40-60t
 7 x DW-10300 á 4,26 t = 29,82 t
 20 x LW-40860 á 1,3 t = 26 t
m_{netto} = 55,82 t



(22)

MA40-60t
 4 x DW-10200 á 4,02 t = 16,08 t
 3 x DW-10300 á 4,26 t = 12,78 t
 15 x LW-40867 á 1,59 t = 23,85 t
 4 x LW-40860 á 1,3 t = 5,2 t
m_{netto} = 57,91 t

Gesamt: Σ 32 RoRo-Trailer (40')

davon

19 Trailer mit max. Zuladung von 95 t (MA40-95t)

13 Trailer mit max. Zuladung von 60 t (MA40-60t)

**Schiffstransport der WBS 70-Betonelemente - Beladungsvorschlag 40' RoRo-Trailer
(Fährhafen Sassnitz - Hafen Sankt Petersburg)**

Anzahl RoRo-Trailer	Elementesortiment	RoRo-Trailer (Ausführungsart)	lfd. Nr. (s. Anlage 2.1 – 2.4)
Wandtransport (stehend)			
1	Trailer für Außenwände	MA40-95t	16
5	Trailer für Innenwände	MA40-95t	11, 12, 13, 14, 15
7	Trailer für Außenwände	MA40-60t	5, 6, 7, 8, 9, 10, 19
1	Trailer für Außenwände in Kombination mit Loggiabrüstungsplatten	MA40-60t	18
1	Trailer für Außenwände in Kombination mit Innenwänden und Treppenpodesten	MA40-95t	4
1	Trailer für Loggiabrüstungsplatten	MA40-60t	20
1	Trailer für Drempelelemente	MA40-60t	17
2	Trailer für Drempelelemente und Loggiawände	MA40-60t	21, 22
Transport Deckenplatten (liegend)			
11	Trailer für Deckenplatten	MA40-95t	1
Transport Deckenplatten (liegend)			
1	Trailer für Treppenstufen, -podeste und Loggiadecken	MA40-95t	2
1	Trailer für Treppenstufen und Loggiadecken	MA40-60t	3
Σ 32 RoRo-Trailer (40')			



FOTOS: FOTOLIA

Von der Platte nach klein Mexiko

EXISTENZGRÜNDUNG Wie ein findiger Lausitzer aus alten Plattenbau-Fertigteilen eine Feriensiedlung am Gräbendorfer See bauen will. Eigentlich ist Jens Petrick LKW-Fahrer. 18 Jahre lang führte ihn seine Arbeit quer durch Europa.

Nach Hause nach Neupetershain kam er nur am Wochenende und jedes Mal führte der Weg vorbei am Tagebaurestloch bei Casel. „Ich habe gesehen, wie aus der Wüste immer mehr ein See wurde und mich immer gefragt, warum hier niemand einen Campingplatz baut. Dann dachte ich: mach es doch einfach selbst“. Denn wenn sich jemand mit Campingplätzen auskennt, dann Jens Petrick: Seit seinem sechsten Lebensjahr ist er erst mit den Eltern später mit eigenem Wohnwagen unterwegs und hat hunderte Plätze besucht. Er weiß, was anderswo gut gemacht

wird und was fehlt. Kleinigkeiten wie extrabreite Mutter-Kind-Duschen zum Beispiel oder ein zentraler Abwaschraum, in dem Camper aus verschiedenen Nationen schnell ins Gespräch kommen. Auf einem flachen drei Meter hohen Hügel sollen die Gäste rings um eine Feuerstelle ihre Zelte aufbauen können. „So etwas gibt es meines Wissens in ganz Europa nicht“, schätzt Petrick.



Aus alten Platten wird neu Mexiko. Die Idee, wie das ganze aussehen soll, kam ihm während einer Amerika-Rundreise vor fünf Jahren. Die führte ihn unter anderem ins mexikanische Santa Fe – der Namensgeber der geplanten Anlage. „Dieser Baustil hat mir auf Anhieb gefallen: freundlich und doch schlicht. Im Grunde sind alle Häuser im Kern Würfel“. Und diese Bauweise, wenn auch etwas größer, kannte



Ehemalige Plattenbau-Elemente werden am Ufer des Gräbendorfer Sees abgeladen.

FOTO: ERLER

Jens Petrick aus seiner Heimat: Hier werden die Plattenbauten allerdings im großen Stil zurückgebaut und wertvolles Baumaterial liegt sozusagen auf der Straße: „Das sind alles Normteile. Jetzt, wo auch sanierte Häuser abgerissen werden, bekomme ich tiptop Fenster zum Schnäppchenpreis“. Jens Petrick rechnet vor: Innen muss gar nichts verputzt werden, die Nasszellen kann Jens Petrick so wie sie sind verwenden. Aus dem Revisions-schacht wird ein Fenster, fertig. Maximal 1,6 Millionen Euro wird der Campingplatz

am Ende kosten, so seine Schätzung. Ein Konzept, das auch die Jury beim Existenzgründerpreis LEX beeindruckt hat. Hier hat Camping Santa Fe im letzten Jahr den zweiten Preis belegt. Unterstützung gibt es auch von der benachbarten Tauchschule, die ihre Schüler unterbringen muss, von der Stadt Drebkau und der BTU Cottbus. Hier beschäftigt sich der Lehrstuhl Altlasten mit dem Recycling von Plattenbau-Elementen. Er hat bereits angeboten, das Projekt wissenschaftlich zu begleiten. Das Projekt besticht

nicht nur durch die wirtschaftlichen und ökologischen Vorteile, heißt es in einer Stellungnahme: „Das Land Brandenburg könnte mit Ihrem Vorhaben als Vorreiter für zukunftsverträgliches/nachhaltiges Bauen mit Altbetonbauteilen für gemeinnützige Zwecke ein Leuchtturm setzen und in die Geschichte eingehen.“

Wo hakt's?

Mit diesen guten Bewertungen und der Aussicht auf Finanzierung beginnt Jens Petrick damit, Platten ans Ufer des Gräbendorfer Sees zu transportieren. Doch plötzlich bekommt er eine Absage von der Bank. „Eine richtige Begründung habe ich nie erhalten. Es gab nur allgemeine Hinweise auf die Finanzkrise“. Die ILB und das Wirtschaftsministerium wären einer Förderung nicht abgeneigt, erzählt Petrick leicht frustriert. Innerhalb von drei Wochen könnte es losgehen. Es müsse sich nur noch ein Bank finden, die das Projekt unterstützt. So lange bleibt Santa Fe am Gräbendorfer See noch ein Traum.